



MANUAL TÉCNICO SISTEMA CONSTRUCTIVO BLOQUE PANEL

Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano (VMVDU),
"Ministerio de Obras Públicas, Transporte y de Vivienda y Desarrollo Urbano" (MOPTVDU)

San Salvador, El Salvador, C.A.



Viceministro de Vivienda y Desarrollo Urbano

RECOMENDABLE TÉCNICO NÚMERO: 001-2011

Yo, Edin de Jesús Martínez, en carácter de Viceministro de Vivienda y Desarrollo Urbano, y con el uso de mis facultades, hago del conocimiento a todas aquellas instituciones públicas del Gobierno Central y Gobierno Municipal y del Sector privado dedicadas al ámbito de la construcción de vivienda, que dentro de la Política Pública en el ramo de vivienda y construcción, se ha llevado a cabo un proceso de investigación de una nueva tecnología de material de construcción concerniente al sistema constructivo Bloque Panel; el cual fue introducido al país luego de los terremotos ocurridos en enero y febrero del año 2001, como una alternativa inmediata para dar respuesta a la reconstrucción del País.

Siendo así que el Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano, solicitó Cooperación Técnica a los Gobiernos de Japón y México, para desarrollar un proceso de investigación teórica y experimental al “Sistema Constructivo Bloque Panel”, con el fin de robustecer y describir la Sismo-Resistencia en él. Luego de llevar a cabo la revisión teórica y de ensayos a modelos de paredes la investigación experimental fue finalizada, contando ahora con resultados favorables en la seguridad estructural para el uso, adopción e incorporación de esta nueva tecnología al sector construcción para la vivienda social.

Por lo expuesto anteriormente este Viceministerio, como medidas de difusión, hace del conocimiento de las instituciones antes mencionadas, el Manual Técnico y RECOMIENDA que se adopte y se tome en cuenta la incorporación del “Sistema Constructivo Bloque Panel”, como una alternativa tecnológica más, compuesta por materiales innovadores, para atender las necesidades de la vivienda social con calidad, en la República de El Salvador.

Dado en la ciudad de San Salvador, a las diez horas del día veinticinco del mes de mayo del año dos mil once.



Lic. Edin de Jesús Martínez

Viceministro de Vivienda y Desarrollo Urbano

San Salvador, El Salvador, Centroamérica.

Proyecto “Mejoramiento de la tecnología para la construcción y sistema
de difusión de la vivienda social sismo resistente”

Proyecto TAISHIN Fase II

MANUAL TÉCNICO SISTEMA CONSTRUCTIVO BLOQUE PANEL

San Salvador, 11 de octubre de 2010

1a edición marzo de 2011

Ministerio de Obras Públicas, Transporte y de Vivienda y Desarrollo Urbano.
Plantel La Lechuza, Carretera a Santa Tecla Km 5 ½,
San Salvador, República de El Salvador, C.A.
Tel.: (503) 2528 – 3000.
e-mail: info@mop.gob.sv

Todos los derechos reservados. Queda prohibido reproducir, transmitir o almacenar cualquier parte de esta publicación, en cualquier forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico fotocopiado, grabado o de otro tipo, sin autorización previa del Ministerio de Obras Públicas, Transporte y de Vivienda y Desarrollo Urbano.

COORDINACIÓN TÉCNICA:

En conjunto con equipo de investigación y equipo de fortalecimiento institucional – Proyecto TAISHIN, Ministerio de Obras Públicas, Transporte y de Vivienda y Desarrollo Urbano.

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN:

Equipo de difusión - Proyecto TAISHIN

Impresión

Imprenta La Tarjeta S.A. de C.V.
Col. Dina 39 Av. Sur No 1609,
San Salvador, El Salvador.
PBX: +503 2121-4100
TEL: +503 2242-6131
WEB: www.imprentalatarjeta.com

Índice

INTRODUCCIÓN	7
CAPITULO 1: GENERALIDADES.....	8
1.1 Descripción del sistema bloque panel	8
1.2 Descripción de los elementos componentes del sistema.....	8
1.3 Consideraciones generales de diseño arquitectónico.....	9
1.4 Consideraciones constructivas.....	10
1.4.1. Requerimientos generales del proceso constructivo.....	11
1.4.2. Generalidades sobre el control y aseguramiento de calidad en la ejecución.....	11
CAPITULO 2: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE ELEMENTOS COMPONENTES.....	15
2.1 Especificaciones técnicas de la unidad de bloque panel.....	15
2.1.1. Dimensiones y tolerancias.....	15
2.1.2. Características físicas y mecánicas de la unidad de bloque panel	17
2.1.3. Acabado de las unidades.....	18
2.2 Especificaciones técnicas de columnas prefabricadas	18
2.2.1. Dimensiones y tolerancias.....	18
2.2.2. Características físicas y mecánicas de columnas	18
2.3 Procedimientos de ensayo.....	21
2.3.1. Ensayos en elementos.....	21
2.3.2. Ensayos en componentes.....	22
CAPITULO 3: DISEÑO ESTRUCTURAL – MÉTODO SIMPLIFICADO DE CÁLCULO.....	23
3.1 Generalidades.....	23
3.2 Fundamentación teórica del método simplificado de cálculo	23
3.3 Comportamiento estructural.....	23
3.3.1. Comportamiento estructural esperado bajo carga lateral en el plano.....	24
3.3.2. Comportamiento estructural esperado bajo carga fuera del plano	25
3.4 Procedimiento de diseño y/o revisión estructural	26
3.4.1. Procedimiento de cálculo considerando carga lateral en el plano.....	26
3.4.2. Procedimiento de cálculo considerando carga fuera del plano.....	28
3.5 Detalles estructurales de elementos de concreto colados en el sitio.....	30
3.6 Conexiones	33
3.7 Contenido de planos estructurales.....	34
3.8 Criterios estructurales de aceptación del sistema bloque panel	34

CAPITULO 4: PROCESO CONSTRUCTIVO	36
4.1 Actividades previas.....	36
4.1.1. Organización física de patios de recepción de materiales.	36
4.1.2. Logística de transporte, recepción y almacenamiento de elementos prefabricados.....	37
4.1.3. Entendimiento-discusión de planos y planteamiento de estrategia constructiva.....	37
4.2 Trazo y nivelación	37
4.3 Excavación y verificación de la capacidad de soporte del suelo de fundación	38
4.4 Armado de cimentaciones.....	38
4.5 Colocación de columnas.....	38
4.6 Propiedades del concreto y proceso de colocación.....	41
4.7 Construcción de paredes.....	42
4.8 Solera de coronamiento	42
4.9 Cargadero de puertas y ventanas.....	43
4.10 Construcción de estructura de techo y cubierta.....	44
4.11 Colocación de puertas y ventanas	48
4.12 Colocación de ductos para electricidad y agua potable.....	50
4.13 Acabados.....	51
4.14 Pisos	51
ANEXO A: FABRICACION DE ELEMENTOS COMPONENTES	53
a.1. Fabricación de elementos componentes.....	55
a.2. Características de las plantas de producción y secuencia productiva.....	55
a.2.1. Infraestructura básica de las plantas de producción.....	55
a.2.2. Recurso humano.....	57
a.2.3. Características generales del equipo de producción.	58
a.2.4. Descripción general del ciclo de producción.....	59
a.3. Proceso de fabricación del bloque panel y columnas	60
a.3.1. Especificaciones técnicas de los materiales.....	60
a.3.2. Proceso de fabricación	60
a.3.3. Control de elementos fabricados en la producción	61
ANEXO B: EJEMPLO DE APLICACIÓN PRÁCTICA PARA EL DISEÑO Y/O REVISIÓN ESTRUCTURAL DEL SISTEMA BLOQUE PANEL.....	63
b.1. Ejemplo para la aplicación del diseño y/o revisión estructural.....	65

INTRODUCCIÓN

La tecnología del Sistema Constructivo Bloque Panel, fue adoptada por la Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima (FUNDASAL), a través del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología CYTED, la cual fue replicada por dicha Institución en la ayuda a la reconstrucción de las viviendas destruidas por los terremotos que afectaron a El Salvador el 13 de enero y 13 de febrero del año 2001.

Ante las graves consecuencias dejadas por los terremotos al parque habitacional del país, especialmente en la vivienda social, en el año 2003, el Gobierno de El Salvador a través del Ministerio de Obras Públicas, Transporte y de Vivienda y Desarrollo Urbano (MOPTVDU), recibe el apoyo de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), para realizar una sinergia enmarcada en la cooperación técnica triangular Sur-Sur, donde los Gobiernos de Japón, México y El Salvador, desarrollarían el Proyecto “Mejoramiento de la Tecnología para la Construcción y Difusión de la Vivienda Popular Sismo Resistente”, conocido como Proyecto TAISHIN FASE I, y teniendo como socios estratégicos a la Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas” (UCA), la Universidad de El Salvador (UES), la Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima (FUNDASAL) y al Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano (VMVDU) como el propietario y coordinador del proyecto TAISHIN, sumándose en la FASE II, el Instituto Salvadoreño de la Construcción (ISC).

Siendo así que en la agenda desarrollada en el marco del Proyecto TAISHIN FASE I, se consideró

pertinente realizar la Investigación Experimental al Sistema Constructivo Bloque Panel, por ser una tecnología desconocida en el país, debiendo ser objeto de validación de los requisitos mínimos establecidos en la “Norma Especial para Diseño y Construcción de Viviendas en El Salvador” del año 1997, y así determinar su comportamiento estructural a través de pruebas en modelos a escala natural en el Laboratorio de Estructuras Grandes LEG-UCA, fundado en el marco de la Cooperación Técnica.

Los resultados han sido satisfactorios, ya que se ha comprobado que a nivel estructural el sistema funciona adecuadamente ante los eventos sísmicos, es decir que se puede asegurar que posee características de sismo resistencia, por lo que representa una alternativa más como sistema constructivo para la vivienda social.

Después de todo un proceso de sinergia se deriva el presente Manual Técnico, diseñado como herramienta práctica para profesionales y técnicos de la Ingeniería y Arquitectura en el uso y aplicación de criterios básicos del Sistema Constructivo Bloque Panel, como: modulación arquitectónica, especificaciones técnicas de materiales, criterios de diseño estructural y recomendaciones del proceso constructivo, facilitando su aplicación en el diseño y construcción de la vivienda social de una planta.

Proyecto TAISHIN:

Comité Coordinador Conjunto

Comité Técnico

Componentes de: Investigación, Difusión y Fortalecimiento Institucional.

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES

Este capítulo tiene como finalidad presentar al usuario del Manual Técnico un panorama conceptual del sistema bloque panel, describiendo de forma general el sistema, sus elementos componentes y las principales consideraciones arquitectónicas y estructurales que permitan conocer y comprender de mejor manera el contenido de los capítulos posteriores.

1.1 Descripción del sistema bloque panel.

El Sistema Constructivo “Bloque Panel” es una alternativa de construcción con características sismo resistentes que tiene como principio básico la utilización de columnas prefabricadas de concreto armado y bloques de concreto denominados unidades de bloque panel, los cuales funcionan como relleno entre las columnas para la construcción de paredes.

Los componentes del sistema se caracterizan por ser no combustibles, por la facilidad de modulación en diversidad de elementos, no requiere de acabados especiales y es de rápida instalación en su montaje.

1.2 Descripción de los elementos componentes del sistema.

La unidad de bloque panel:

La unidad de bloque panel es un elemento de concreto con las siguientes dimensiones nominales: 20 cm de alto, 10 cm de ancho y longitud variable de 75 cm, 90 cm y 98 cm, que pueden ser modulados horizontalmente entre ejes de columnas de 0.85m, 1.00m y 1.08m respectivamente.

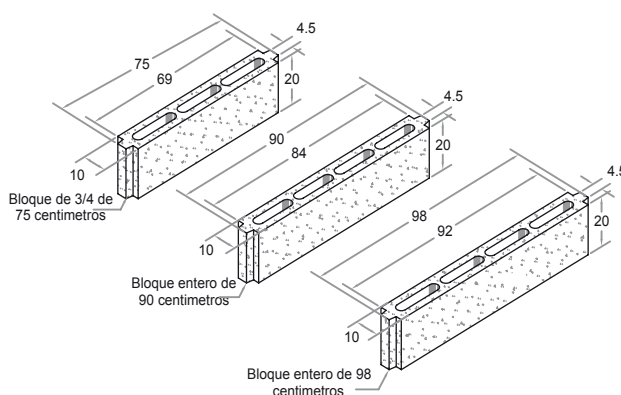
La unidad de bloque panel es un elemento de concreto, con una composición de cemento, arena, gravilla o chispa y escoria volcánica. En la figura 1.1 se presentan la geometría y dimensiones de la unidad de bloque panel.

El peso promedio de las unidades de bloque panel en sus diferentes medidas son:

Bloque entero de 98 cm: 55 libras.

Bloque entero de 90 cm: 50 libras.

Bloque tres cuartos de 75 cm: 42.5 libras.



Nota: Todas las dimensiones se encuentran en centímetros

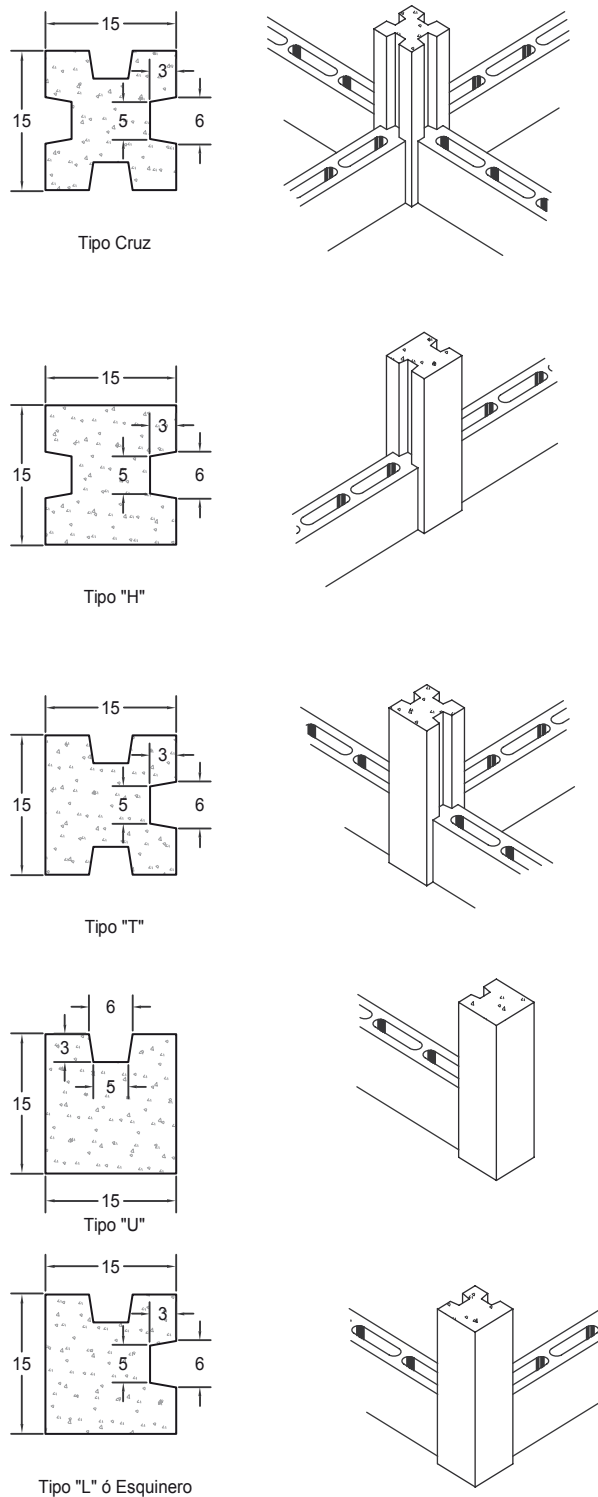
Figura 1.1 Dimensiones de unidades de bloque panel.

La columna prefabricada

Son columnas de concreto armado con refuerzo longitudinal de 7.2 mm y transversal de 4.5 mm, de alta resistencia (grado 70 o mayor). Las columnas tienen canales de ensamblaje especiales que permiten lograr la conexión estructural con las unidades de bloque panel en intersecciones en H, Cruz, T, U y Esquinero ó L, (Ver figura 1.2).

Las dimensiones de la sección transversal son de 15 x 15 cm y se producen desde 2 m hasta 4 m de altura. El peso por metro lineal de columna es de 95 libras.

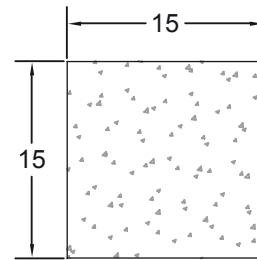
Los requisitos de fabricación de los elementos prefabricados se presentan en el Anexo A: FABRICACION DE ELEMENTOS COMPONENTES.



Nota: Todas las dimensiones se encuentran en centímetros

Figura 1.2 Secciones transversales típicas y sus respectivos ensambles.

Además de las columnas con canales de ensamble, existe una columna sin canales que puede ser utilizada para integrar un espacio de corredor similar al modelo de vivienda de interés social propuesto en el Anexo C, cuando no se requiera conexión con unidades de bloque panel. Las dimensiones nominales de la columna son: de 15 x 15 cm en su sección transversal y altura variable desde 2 m hasta 4 m (Ver figura 1.2 a).



Columna tipo Cerrada

Nota: Todas las dimensiones se encuentran en centímetros

Figura 1.2a: Sección transversal de columna sin canal.

1.3 Consideraciones generales de diseño arquitectónico.

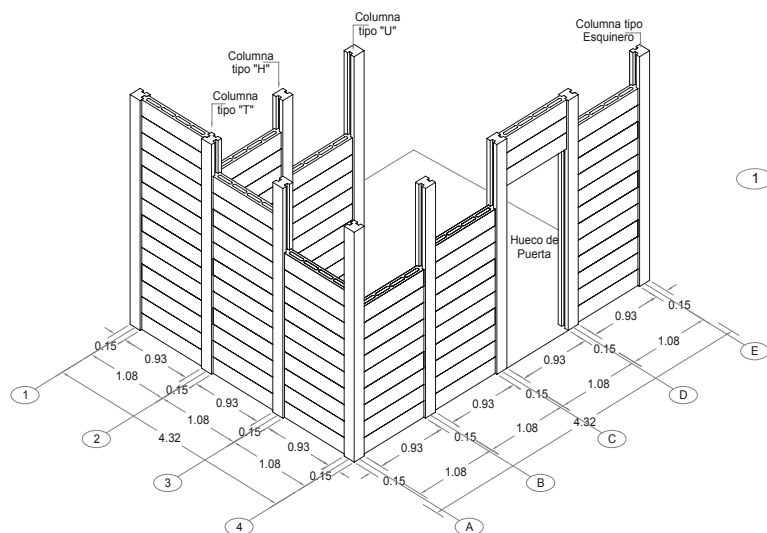
La configuración arquitectónica con el sistema bloque panel está limitada a paredes ortogonales, con modulaciones específicas según el tamaño de la unidad de bloque panel, de 0.85 m, 1.00 m y 1.08 m, que son los módulos entre ejes de columnas que se pueden utilizar con los bloques de 75, 90 y 98 cm respectivamente. La modulación entre ejes de 1.08 m permite dejar un hueco para el uso de puertas y ventanas con medidas estándar. (Ver detalle de modulaciones horizontales en figuras 1.3, 1.4 y 1.5).

La altura libre máxima establecida en paredes es de 3.30 m a partir del piso terminado a cumbrera, con el uso de columnas de 4 m de altura, considerando un nivel de desplante de 50 cm desde el terreno natural y 70 cm desde nivel de piso terminado interior (Ver figura 1.6).

En sentido vertical, la modulación es de 20.5 cm de altura entre cada hilada como máximo, considerando una junta de pega de 5 mm como

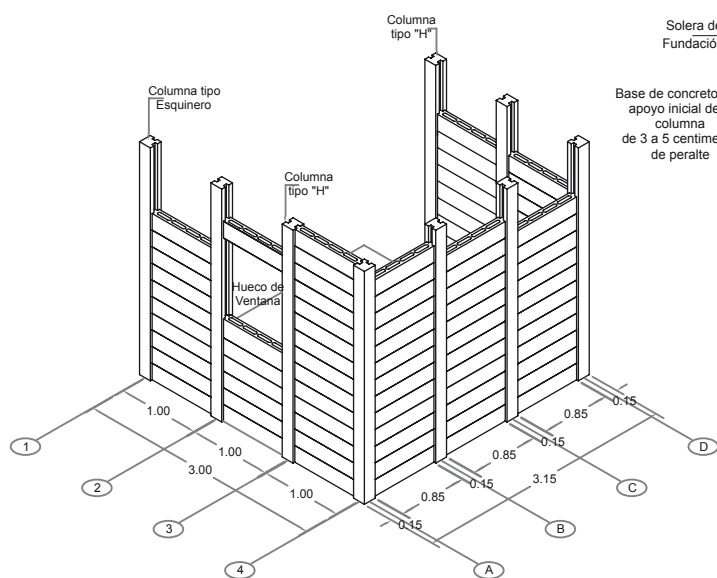
mínimo y 10 mm máximo, como se muestra en la figura 1.6.

Para la definición de cumbreras o mojinetes, las piezas deberán ser cortadas según la pendiente de techo requerida por el tipo de cubierta a utilizar.



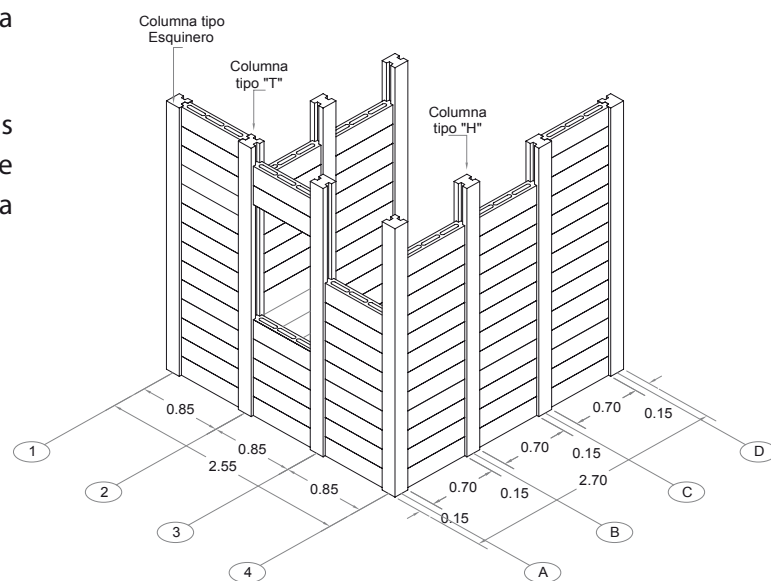
Nota: Todas las dimensiones se encuentran en metros

Figura 1.3: Modulación horizontal a ejes de 1.08 m, con bloque panel entero de 0.98 m.



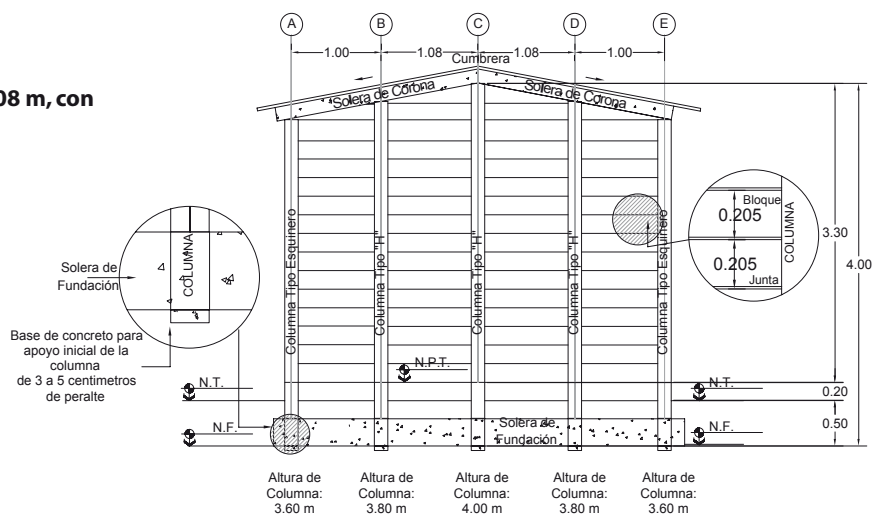
Nota: Todas las dimensiones se encuentran en metros

Figura 1.4: Modulación horizontal a ejes de 1.0 m con bloque panel entero de 0.90 m.



Nota: Todas las dimensiones se encuentran en metros

Figura 1.5: Modulación horizontal de 0.85 m a ejes utilizando bloque panel $\frac{3}{4}$ de 0.75 m.



Nota: Todas las dimensiones se encuentran en metros

Figura 1.6: Modulación vertical entre hiladas de Bloques.

1.4 Consideraciones constructivas.

Este capítulo presenta las características particulares del sistema bloque panel, el cual se fundamenta en el uso de elementos prefabricados de concreto, resulta conveniente describir en la presente sección los requerimientos generales

del proceso constructivo y los aspectos fundamentales de control y aseguramiento de calidad. Se ha dedicado el Capítulo 4 para profundizar en aspectos relacionados al proceso constructivo.

1.4.1. Requerimientos generales del proceso constructivo.

El proceso constructivo del sistema bloque panel tiene como principio la optimización de los materiales, de los trabajos a realizar en campo y de todos los recursos involucrados en cada proceso. En general se identifican dos grupos de elementos, el primero lo conforman los elementos prefabricados de concreto (unidades bloque panel y columnas de concreto) descritas en la sección 1.2, los cuales se elaboran en una planta de producción y se transportan al sitio de la obra, teniéndose un control de calidad implícito en cada elemento. El segundo grupo corresponde a elementos de concreto colados en el sitio, conformado por soleras de fundación, de coronamiento y dinteles ó cargaderos en puertas y ventanas. Los detalles de los elementos de concreto colados el sitio se explican ampliamente en las secciones 3.5 y 3.6 del presente manual.

Los aspectos básicos que se deben tener presentes al utilizar el sistema bloque panel pueden resumirse en lo siguiente:

- a) Debido a que el sistema es modular, las tareas de trazo, excavación, localización y posicionamiento de columnas, deben tener un buen control durante el proceso constructivo.
- b) El Sistema Constructivo Bloque Panel no necesita de un transporte especial ni de grúas para el movimiento interno de los elementos en el sitio de la obra ni para su montaje.

- c) Es necesario plantear una organización física de patios de recepción y almacenamiento de los elementos prefabricados.
- d) Para obtener adecuados rendimientos de construcción es conveniente organizar el transporte por paquetes de vivienda completos, considerando el peso máximo que se puede enviar según la capacidad del vehículo a utilizar, por ejemplo: Un camión de 8 toneladas puede transportar hasta 60 columnas de diferentes dimensiones ó 320 unidades de bloque panel entero de 98 cm.
- e) Es necesario un entrenamiento previo y básico relacionado con el entendimiento de planos, manejo y montaje de elementos prefabricados dirigido a maestros de obra, albañiles y auxiliares.
- f) El sistema bloque panel se caracteriza por tener conexiones en las siguientes zonas de unión: columnas - unidades bloque panel, solera de fundación - columnas, solera de coronamiento - columnas, por tanto, cumplir con los detalles de conexión exigidos por el sistema resulta fundamental para el adecuado desempeño estructural esperado (ver Sección 3.6).
- g) El sistema bloque panel puede ser completado con diversidad de estructuras para techo en relación con el tipo de cubierta, tales como, láminas acanaladas de fibrocemento, láminas de zinc, teja tipo romana ó micro concreto, etc.

1.4.2. Generalidades sobre el control y aseguramiento de calidad en la ejecución.

El control y aseguramiento de la calidad deberá regirse según se establece en la Propuesta de Norma Especial para Diseño y Construcción de Viviendas, 2004, del Ministerio de Obras Públicas,

Transporte y de Vivienda y Desarrollo Urbano (MOPTVDU), Capítulo 7: Cimentaciones y Capítulo 9: Supervisión y Control de Calidad.

Cimentaciones.

Generalidades.

a) Deberá realizarse un estudio geotécnico que proporcione la información necesaria y suficiente para llevar a cabo un proyecto capaz de brindar seguridad a quienes lo habitarán. El estudio en cuestión deberá contener:

1. Los resultados de las pruebas de laboratorio.
2. Una descripción de la estratigrafía del sitio.
3. La capacidad de carga admisible y última del suelo de sustentación, asociada al tipo de cimentación.
4. Los desplazamientos verticales debidos a las cargas que se transmitirán a la masa de suelo y los que pudieran generarse por la saturación de los suelos.

b) Toda vivienda debe cimentarse sobre un suelo estable con una capacidad de soporte adecuada ó sobre rellenos debidamente compactados que garanticen una transferencia efectiva de las cargas al suelo. En ningún caso deberá cimentarse apoyada sobre capa vegetal, rellenos sueltos, materiales degradables, inestables o susceptibles de erosión o socavación.

c) Los rellenos bajo cimentaciones deben ser realizados en capas sueltas de hasta 250 mm de espesor utilizando equipo mecánico hasta alcanzar el 90 por ciento de la densidad máxima seca obtenida en el laboratorio, según norma ASTM D-1557 y ASTM D-558, con humedades aproximadas a la óptima ($\pm 2\%$).

- d) Las viviendas que vayan a ser construidas en suelos de condiciones especiales por inestabilidad lateral, pendientes superiores al 30%, baja capacidad de soporte, baja densificación o compactación, o suelos expansivos deben ser objeto de un estudio especial realizado por profesionales calificados en el área de geotecnia y de diseño estructural, siguiendo los requisitos del Reglamento y las Normas Técnicas.
- e) Los suelos para cimentación deben de consistir de suelos sanos, libres de materiales orgánicos u otros materiales que alteren el comportamiento de las cimentaciones con el tiempo y deberá asegurarse un adecuado drenaje de la zona a fin de evitar saturaciones del suelo que afecten sus características mecánicas.

Estudio Geotécnico.

Para el diseño y construcción de viviendas que formen parte de proyectos habitacionales, la investigación geotécnica deberá considerar como mínimo lo siguiente:

- a) La profundidad de las exploraciones dependerá de las condiciones del subsuelo pero no será inferior a cuatro metros, salvo en los casos de encontrarse suelos densos ($N > 50$ golpes / pie), o roca sana y libre de irregularidades, en cuyo caso podrá ser menor. Las profundidades anteriores deberán ser incrementadas o disminuidas de acuerdo a las alturas de corte o rellenos proyectados para terraza.
- b) En suelos arcillosos altamente plásticos (compresibles o expansivos) deberán obtenerse muestras inalteradas para realizar los ensayos de resistencia al esfuerzo cortante y de deformabilidad (consolidación o expansión libre).
- c) Realizar los ensayos de laboratorio correspondientes que ayuden a definir

la solución geotécnica particular para el proyecto en desarrollo.

- d) Analizar los resultados de las exploraciones geotécnicas y los de las pruebas de laboratorio.

Supervisión.

- a) El supervisor deberá verificar que las disposiciones establecidas en los documentos contractuales y que los procedimientos constructivos establecidos en este manual sean ejecutadas y cumplidas adecuadamente.
- b) Los proyectos habitacionales de 20 ó más viviendas deberán ser objeto de una supervisión estructural continua.
- c) Los proyectos habitacionales de menos de 20 viviendas deberán ser objeto al menos de una supervisión estructural itinerante.
- d) La supervisión será responsable que la construcción de las viviendas se realice de acuerdo a los planos estructurales y a los requerimientos mínimos exigidos por el presente manual y otras normas, y que las medidas correctivas indicadas, si las hubiere, fueron tomadas en cuenta durante la construcción.

Criterios para la Supervisión.

- a) Verificar que las recomendaciones del estudio geotécnico tanto de carácter general como las referentes a la cimentación y/o muros de retención han sido respetadas y debidamente puestas en práctica.
- b) Verificar que las dimensiones, profundidad de desplante y refuerzo de las cimentaciones se encuentren en conformidad con lo señalado en los planos estructurales aprobados.
- c) Los elementos y unidades deben ser del tipo y calidad especificada en este manual.
- d) Los materiales y elementos prefabricados se deben encontrar libre de polvo, grasa, aceite o cualquier otra sustancia o elemento que dificulte su colocación o que reduzca su

capacidad de adherencia.

- e) Las varillas de refuerzo deben ser del diámetro y grado indicado en los planos estructurales y/o especificaciones del presente manual.
- f) Los anclajes de las columnas a las soleras deben ser como se especifica en el presente manual.
- g) El mortero y el concreto no debe ser fabricado en contacto con el suelo o materiales absorbentes, y sin el control de su dosificación.
- h) Las juntas deben quedar completamente rellenas de mortero.
- i) El espesor de la junta debe ser lo especificado en este manual.
- j) En el colado de los elementos se debe garantizar que el concreto se haya colocado sin dejar vacíos (colmenas).

Criterios de muestreo y ensayos para el control de calidad.

El muestreo y ensayos de los materiales serán practicados de acuerdo con lo establecido en la Norma para Control de Calidad de los Materiales Estructurales. El sistema de control de calidad de los materiales para uso estructural debe contemplar durante su fabricación una inspección y control constante que mantenga la variabilidad de la producción dentro de las tolerancias especificadas, guardando evidencia de los controles y cumplimiento de cada prueba.

Concreto Hidráulico.

Se deberán registrar los controles del concreto en estado fresco, de la elaboración de las probetas y de la resistencia a la compresión:

- a) Concreto en estado fresco: Al concreto en estado fresco antes de su colocación se le deben hacer pruebas para verificar que cumple con los requisitos especificados en los documentos de construcción aprobados.

Como mínimo se deben realizar las pruebas de revenimiento y temperatura. Las muestras de concreto fresco se harán de acuerdo con la norma ASTM C 172.

- b) Elaboración de probetas: La calidad del concreto endurecido se debe verificar mediante pruebas de resistencia a compresión de cilindros elaborados, curados y ensayados de acuerdo a las normas ASTM C 31 y ASTM C 39. Las pruebas deben efectuarse a los 28 días de edad u otra edad de común acuerdo entre el productor y el usuario. Los valores obtenidos son indicativos de la resistencia potencial del concreto en la estructura.
- c) Resistencia a la compresión: De todo concreto para una cierta obra y nivel de resistencia se deben tomar al menos 2 muestras de concreto y de cada muestra se elaborarán y ensayarán por lo menos 2 cilindros. Se entiende por resistencia de una muestra la media de las resistencias de los cilindros que se elaboren de ella.
- d) Inspección: El sistema de control de calidad del concreto hidráulico para uso estructural debe contemplar durante su fabricación una inspección y control constante que mantenga la variabilidad de la producción dentro de las tolerancias especificadas en el diseño, guardando evidencia de los controles y el cumplimiento de cada prueba.

Frecuencias Mínimas de Muestreo.

- a) Revenimiento (ASTM C 143): Al inicio del colado y cuando haya sospecha de cambio de consistencia, pero no menos de una muestra por cada 10 m³ o fracción.
- b) Resistencia a compresión (ASTM C39): Una muestra cada 24 m³ ó elemento colado.
- c) Temperatura (ASTM C 1064): A cada entrega y en caso de producción continua cada 6 m³.
- d) El muestreo y ensayo de las unidades de mampostería de concreto estarán de acuerdo con las provisiones del “Método

estándar de muestreo y ensayo de unidades de mampostería de concreto” (ASTM C-140). Durante la construcción, tres prismas de mampostería serán construidos y ensayados de acuerdo a la norma “APNMX-C416-2002-ONNCE: DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DIAGONAL Y DE LA RIGIDEZ A CORTANTE DE MURETES DE MAMPOSTERIA DE BARRO Y DE CONCRETO”¹, por cada 400 m² de pared, pero no menos de tres prismas por proyecto. La resistencia promedio a la compresión de prismas de mampostería determinada de acuerdo al método de ensayo anterior deberá ser igual o mayor al valor de f'_m especificado.

- e) Ensayo de los morteros: Cuando se especifique, el mortero se deberá probar de acuerdo con el “Método estándar para la pre-construcción y evaluación de la construcción de morteros para las unidades de mampostería simple y reforzada” (ASTM C 780).
- f) Ensayo del concreto de relleno: La calidad del concreto de relleno utilizado en mampostería deberá determinarse utilizando el procedimiento establecido en el “Método estándar de muestreo y ensayo del concreto fluido” (ASTM C 1019).

Criterios de Aceptación y Rechazo.

Deben aplicarse los siguientes criterios para aceptar la calidad de la mampostería:

- a) Resistencia mínima: La calidad de la mampostería se considera satisfactoria si se cumple simultáneamente que el promedio de los resultados de resistencia a la compresión del mortero de pega, unidades y prismas de mampostería es mayor o igual a la resistencia especificada, y ningún valor individual es inferior al 80% de la resistencia especificada.
- b) Medidas correctivas: Si no se cumple uno

¹ Consultar Norma en la Unidad de Investigación y Normas de Urbanización y Construcción (UNICONS), del Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano (VMVDU).

o varios de los requisitos anteriores deben tomarse de inmediato las medidas necesarias para asegurar que la capacidad de carga de la estructura no se haya comprometido. En caso de confirmarse que la mampostería es de baja resistencia y si los cálculos indican que la capacidad de soportar carga de la estructura

se ha reducido significativamente se puede apelar al ensayo de extracción de porciones cortadas de los muros afectados, siempre y cuando no se afecte la seguridad estructural de la vivienda o conjunto de viviendas. En tal caso deben tomarse 3 porciones por cada lote afectado.

CAPÍTULO 2:

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE ELEMENTOS COMPONENTES

Este Capítulo da a conocer los parámetros de resistencia mecánica característicos de cada componente del sistema bloque panel, así como los ensayos de laboratorio y de campo necesarios para la obtención de datos para la comprobación de dichos parámetros.

2.1 Especificaciones técnicas de la unidad de bloque panel.

La unidad de bloque panel, es un elemento modular que funciona como material de relleno y de transmisión de esfuerzos entre columnas, tiene características dimensionales muy particulares que el usuario del presente manual técnico deberá identificar en su aplicación, esto con el objetivo de utilizar adecuadamente el sistema, la sección 2.1.1 profundiza en los detalles que el usuario debe conocer en relación a dimensiones y tolerancias de dicha unidad.

2.1.1. Dimensiones y tolerancias.

Las unidades de bloque panel se fabrican en tres diferentes tamaños: 75 cm, 90 cm y 98 cm. El ancho y altura nominales de las unidades son de 10 y 20 cm, respectivamente. Un detalle típico

de la unidad de bloque panel se presenta en la Figura 2.1

Todas las unidades poseen celdas o huecos que tienen las siguientes características comunes:

- Espesor de caras:
 - Cara superior: 3.5 cm.
 - Cara inferior: 3 cm.
- Espesor de membranas:
 - Cara superior: 2 cm.
 - Cara inferior: 3 cm.
- Pestaña trapezoidal de ensamble de la unidad de bloque panel:
 - Base mayor: 5.5 cm.
 - Base menor: 4.5 cm.
 - Altura: 3 cm.
- Celdas o huecos de forma cónica, con las siguientes dimensiones:
 - Cara superior:
 - Largo: 17.5 cm, Ancho: 3 cm.
 - Cara inferior:
 - Largo: 18.7 cm para bloque entero y 18.5 cm para bloque $\frac{3}{4}$, Ancho: 4 cm.

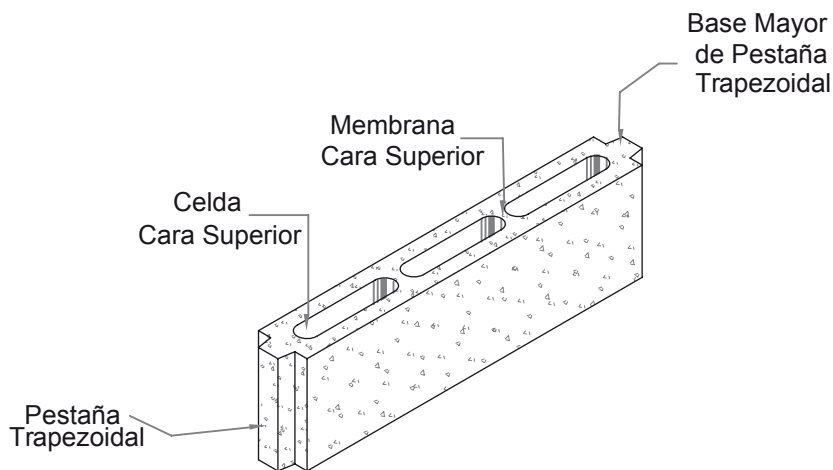
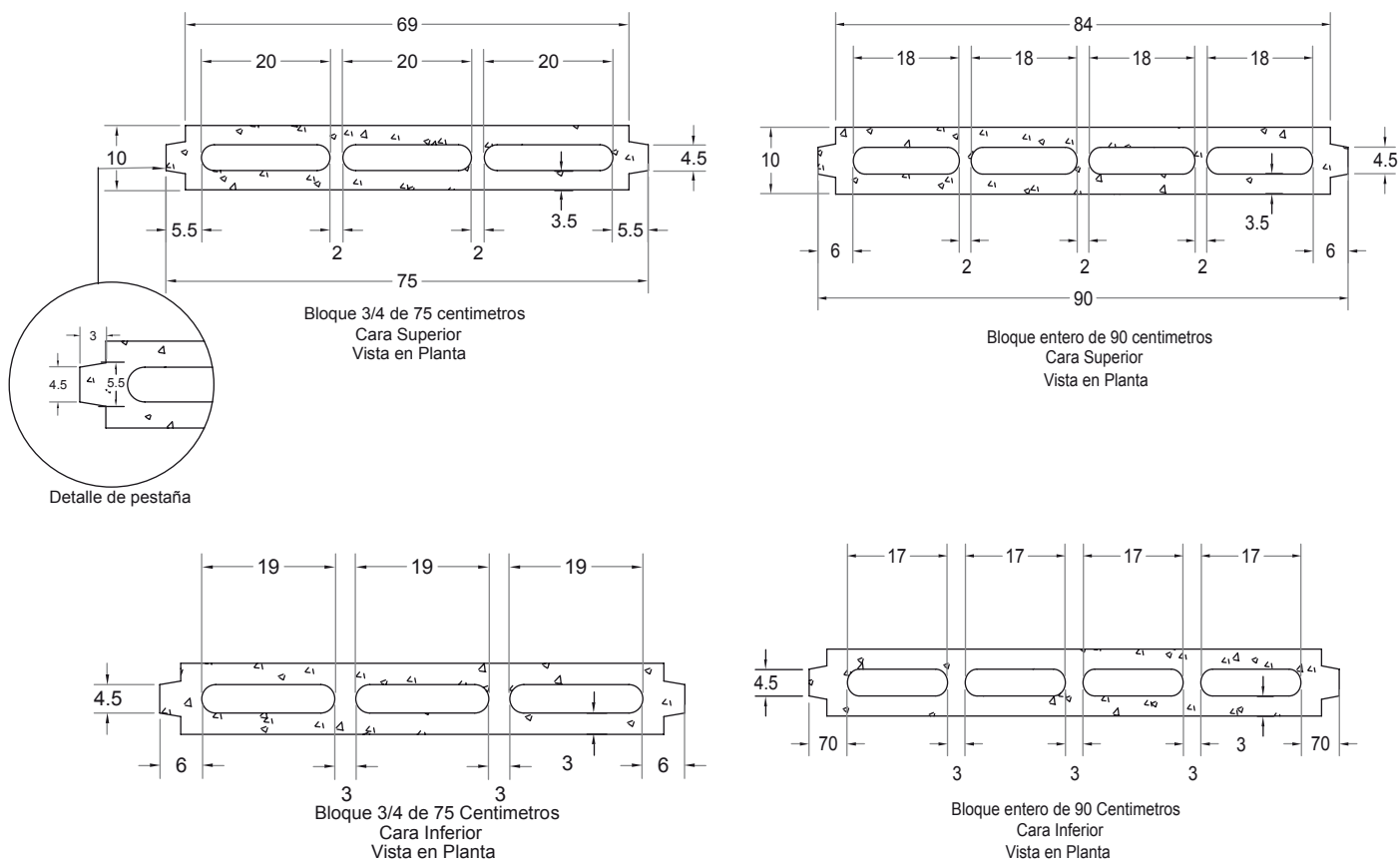


Figura 2.1: Unidad de bloque panel con sus diferentes partes.

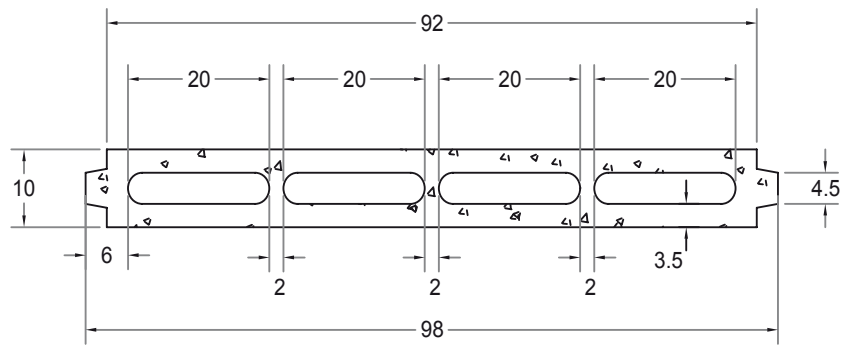


Nota: Todas las dimensiones se encuentran en centímetros

Figura 2.2: Vista en planta del bloque $\frac{3}{4}$ de 75 cm con sus respectivas dimensiones nominales.

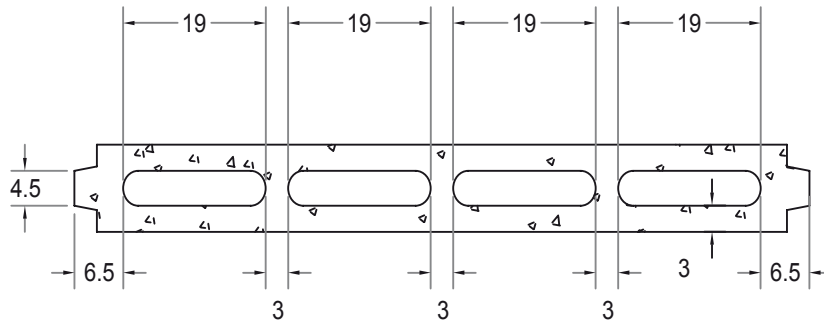
Nota: Todas las dimensiones se encuentran en centímetros

Figura 2.3: Vista en planta del bloque entero de 90 cm con sus respectivas dimensiones nominales.



Bloque entero de 98 Centímetros Cara Superior Vista en Planta

Nota: Todas las dimensiones se encuentran en centímetros



Bloque entero de 98 Centímetros Cara Inferior Vista en Planta

Figura 2.4: Vista en planta del bloque entero de 98 cm con sus respectivas dimensiones nominales.

Los bloques enteros tienen cuatro celdas y los bloques tres cuartos poseen únicamente tres. Las unidades de bloque panel deben cumplir con los espesores mínimos de caras y membranas indicados en la tabla 2.1.

Tabla 2.1 Espesores mínimos de las caras y membranas.

Ancho nominal de las unidades (mm)	Espesor mínimo de las caras ^A (mm)	Mínimo espesor de las membranas ^A (mm)
100	19	19

^A Promedio de la medición de 3 unidades, tomadas en el punto más delgado cuando es medida según lo descrito en la ASTM C 140

El espesor de las pestañas terminales no deberá ser menor que el espesor mínimo de las membranas de las caras del bloque.

Las dimensiones de las unidades no deberán diferir en el ancho y largo en ± 3 mm y en la altura en ± 5.0 mm de las dimensiones nominales.

Las dimensiones de las pestañas de ensamblajes no deberán diferir en ± 1.5 mm de las dimensiones nominales.

2.1.2. Características físicas y mecánicas de la unidad de bloque panel.

Las unidades de bloque panel deberán alcanzar una resistencia a la compresión promedio a los 28 días según lo especificado en la tabla 2.2, que corresponde a lo establecido en la Norma ASTM C-90. Se ensayarán según lo especificado en 2.3.1 y también se podrán realizar ensayos en espécimen de bloque panel de una celda, para lo cual se toma como referencia el valor de resistencia obtenido en la Investigación Experimental del Sistema Constructivo Bloque Panel, Informe de Materiales y Ensamblajes.

Los requisitos de absorción y densidad se presentan en la tabla 2.2.

Tabla 2.2 Requisitos de resistencia, densidad y absorción de la unidad de bloque panel.

Resistencia a la compresión mínima, kgf/cm² (MPa)				Densidad y absorción promedio de 3 unidades	
Promedio en área neta en bloques cortados en				Densidad (secado al horno) Kg/m³	Absorción de agua máxima, Kg/m³
Dos Celdas		Una Celda			
Promedio de 3 unidades	Unidad individual	Promedio de 3 unidades	Unidad individual	Bloque de peso medio	
130 (13)	120 (12)	180 (17.7)	160 (15.7)	1680 - 2000	208

2.1.3. Acabado de las unidades.

Todas las unidades deberán estar libres de grietas o fisuras visibles u otros defectos que interfieran con la colocación apropiada de los bloques o que puedan reducir significativamente la resistencia o durabilidad de la obra a ejecutar.

Solamente se podrán aceptar unidades de bloque panel con daños leves en aristas, causados por la manipulación o manejo durante el envío, siempre que no afecte la calidad y estética de la obra.

La apariencia de las unidades de bloque panel deberán ser uniformes en su textura y color.

2.2 Especificaciones técnicas de columnas prefabricadas.

En el sistema bloque panel las columnas constituyen un elemento fundamental que permite desarrollar e integrar la estructura de la vivienda a través de la conexión con las unidades de bloque panel, esta conexión es de tipo machihembrada, conocer su forma y dimensiones es fundamental para el mejor entendimiento de su instalación durante el proceso constructivo, así como también una mejor comprensión del comportamiento estructural correspondiente.

2.2.1. Dimensiones y tolerancias.

La sección transversal de las columnas es de 15 x 15 cm, incluyendo los canales de ensamble para las unidades de bloque panel. Las columnas se

producen en alturas de 2 a 4 m, con los canales ubicados en 1, 2, 3 ó 4 de las caras de la sección transversal y su uso depende de cuantas paredes llegan a ensamblarse a ésta. Un detalle típico de las secciones transversales de columnas se presenta en la figura 1.2.

Los canales ó ranuras de las columnas son de forma trapezoidal al igual que las pestañas de las unidades de bloque panel. Las dimensiones de los canales son las siguientes:

- Base mayor: 6 cm.
- Base menor: 5 cm.
- Altura: 3 cm.

El sistema permite una variación de ± 5 mm en las dimensiones nominales transversales de la columna, y una variación de ± 1.5 mm en las dimensiones nominales de los canales.

2.2.2. Características físicas y mecánicas de columnas.

Las columnas prefabricadas son elaboradas con concreto con una resistencia a la compresión a los 28 días de 210 kgf/cm² (21 MPa) y acero de refuerzo de alta resistencia, con un esfuerzo de fluencia mínimo de 4921 kgf/cm² (485 MPa) y una resistencia última mínima de 5625 kgf/cm² (550 MPa), en la figura 2.5 se muestra un detalle de las secciones típicas con su refuerzo.

Las características generales de los materiales componentes de columnas son las siguientes:

Cemento

Por ser elemento prefabricado, se debe utilizar un cemento de resistencia temprana, por lo que se recomienda el producido según Norma ASTM C 1157 tipo HE.

Agregados

La graduación de los agregados para la fabricación de las columnas debe ser tal que cumpla los requisitos de la norma ASTM C 33. Con agregados de tamaño máximo de 1/3 del recubrimiento. Para los bloques, el tamaño máximo del agregado a utilizar en la mezcla debe ser de ½ pulgada.

Agua

El agua debe ser potable; no debe contener

materia orgánica, azúcares u otras sustancias químicas que afecten la durabilidad y resistencia de columnas y bloques. Se debe tomar en cuenta que las aguas saladas aceleran el fraguado, generan eflorescencia en la superficie del concreto y sobre todo es nocivo cuando se tiene refuerzo en el concreto.

Acero

La calidad del acero se rige de acuerdo a los requerimientos mostrados en las secciones 2.2.2 y 2.3.1, Capítulo 2 del presente manual.

La variación permisible en peso por unidad de longitud es $\pm 6\%$ de su masa por unidad de longitud nominal. Las masas por unidad de longitud se muestran en la tabla 2.3.

En la tabla 2.3 se presentan los requerimientos dimensionales para los alambres corrugados utilizados como refuerzo.

Tabla 2.3 Requerimientos dimensionales para alambres corrugados para refuerzo del concreto de columnas prefabricadas.

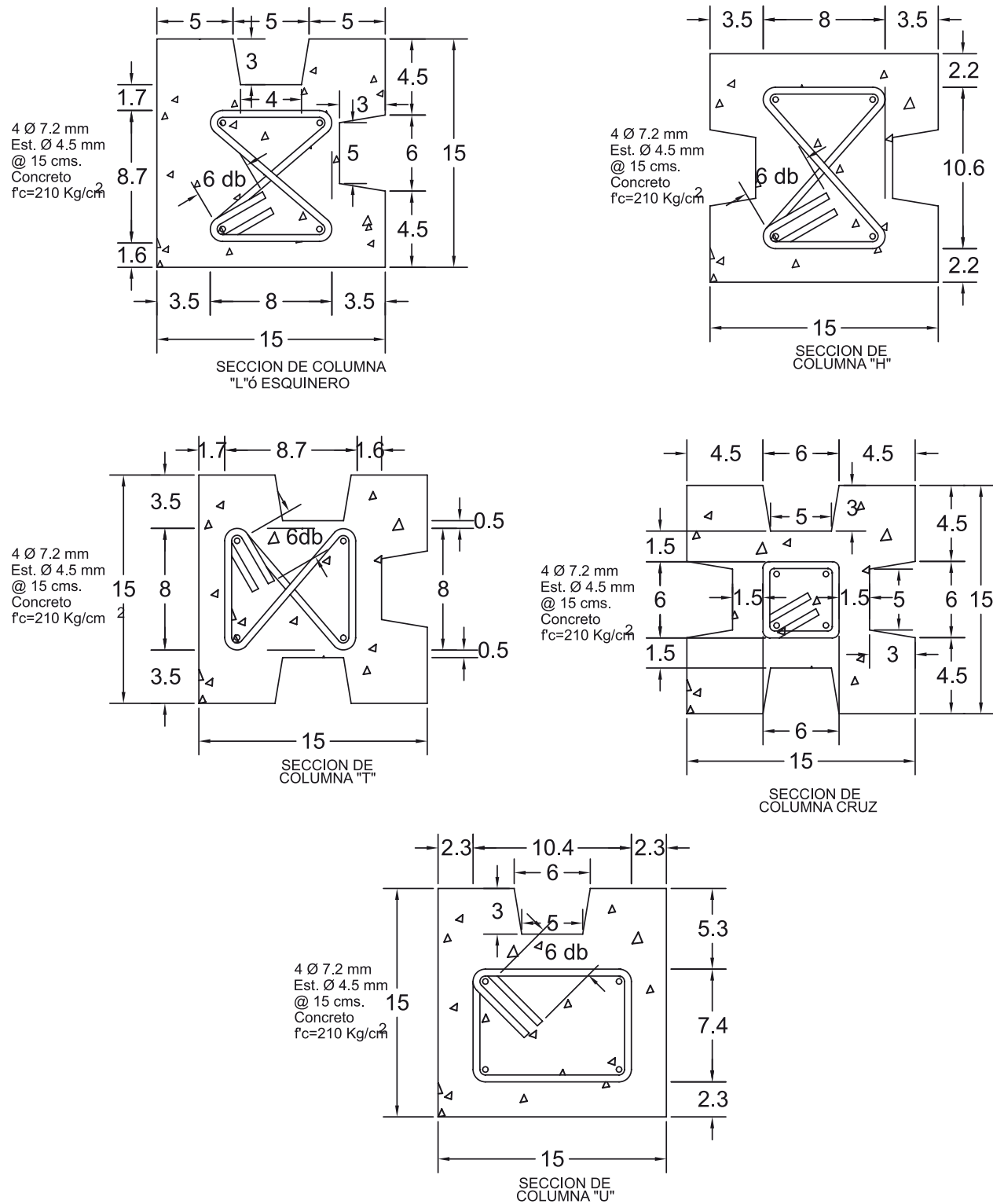
Dimensiones nominales				Requerimientos de corrugas		
Diámetro Nominal ^A	Masa por unidad de Longitud	Área de la sección transversal ^B	Perímetro	Espaciamiento máximo	Espaciamiento mínimo	Altura promedio mínima de corrugas ^C
mm	Kg/m	mm ²	mm	mm	mm	mm
4.5	0.1256	16	14.14	7.24	4.62	0.203
7.2	0.3218	41	22.62	7.24	4.62	0.324

^A El diámetro nominal de un alambre corrugado es equivalente al diámetro de un alambre liso que tiene la misma masa por metro lineal que un alambre corrugado.

^B El área de la sección transversal está basada en el diámetro nominal.

^C La altura promedio mínima de las corrugas deberá ser determinada de las mediciones hechas en no menos de dos corrugas típicas desde cada línea de corruga sobre el alambre. Las mediciones serán hechas al centro de la indentación (hendidura) como se describe en el apartado 7.7 de la ASTM A 496.

Un mayor detalle de los materiales se describen en el Anexo A: FABRICACIÓN DE ELEMENTOS COMPONENTES.



Nota: todas las dimensiones se encuentran en centímetros

Figura 2.5. Detalles de armadura de las distintas secciones de columnas.

2.3 Procedimientos de ensayo.

En general los ensayos realizados en los elementos del sistema bloque panel se dividen en pruebas realizadas al concreto y al acero de refuerzo, la siguiente sección indica las normas ASTM a ser aplicadas en cada caso y una breve descripción de las resistencias especificadas en cada material.

2.3.1 Ensayos en elementos.

a) Concreto.

El concreto de las soleras de fundación, coronamiento y columnas prefabricadas deberá ser sometido a ensayos de compresión según la norma ASTM C 39/C 39M, Método de ensayo estándar para la resistencia a compresión de especímenes de concreto cilíndricos, (Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens).

b) Acero de refuerzo.

b.1) Elementos colados en el sitio.

El acero de refuerzo de soleras de fundación y coronamiento deberá ser ensayado a tensión bajo la norma ASTM A 370, Método de ensayo estándar y definiciones para el ensayo mecánico de productos de acero, (Standard Test Method and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products). El refuerzo longitudinal debe cumplir con lo estipulado para acero grado 40 en la norma ASTM A 615 y debe tener un esfuerzo de fluencia igual a 2800 kgf/cm² y una resistencia última de 4900 kgf/cm².

Para varillas No 2 (6.4 mm), se deberá cumplir con un esfuerzo de fluencia mínimo de 2500 kgf/cm² y resistencia última no menor de 4200 kgf/cm² respectivamente, porcentaje

de elongación - medido en 200 mm – no menor del 11 por ciento y una variación en área respecto al valor nominal no mayor del 10 por ciento (Tomado de la Norma Especial Para Diseño y Construcción de Viviendas 2004 del MOPTVDU), con el respaldo de certificado de calidad del fabricante.

b.2) Columnas prefabricadas.

Los alambres corrugados de alta resistencia utilizados en la fabricación de las columnas prefabricadas deberán observar lo contemplado en los numerales 7. Corrugas y 8.1 Ensayos de tensión, de la norma ASTM A 496, Especificaciones estándar para alambre de acero, corrugado, para refuerzo de concreto, (Standard Specification for Steel Wire, Deformed, for Concrete Reinforcement), en lo referente a procedimientos de ensayo.

Los alambres corrugados de alta resistencia también deberán ser sometidos a ensayos de doblado según lo especificado en la sección 8.2 y la tabla 5 de la norma ASTM A 496.

c) Unidad de bloque panel.

Las unidades de bloque panel se ensayarán según lo especificado en la norma ASTM C 140, Método de ensayo estándar para muestreo y prueba de unidades de mampostería de concreto y unidades relacionadas, (Standard Test Methods for Sampling and Testing Concrete Masonry Units and Related Units). Para el ensayo de compresión y absorción las unidades deberán ser cortadas según lo especificado en los numerales 6.2.3 y 6.2.4 de la ASTM C 140, con el fin de que el tamaño del espécimen se pueda adaptar al equipo de ensayo que disponga el laboratorio de ensayo de materiales. En la figura 2.6

se muestran las unidades cortadas para ensayo de compresión y absorción de una y dos celdas.

Los resultados de ensayos deberán cumplir con lo establecido en la tabla 2.2.

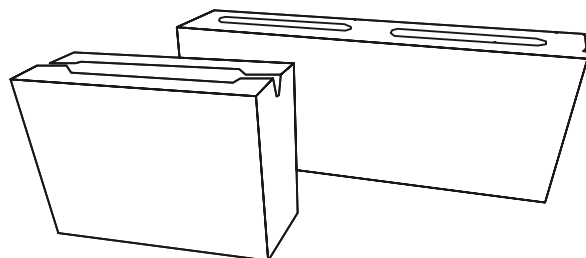


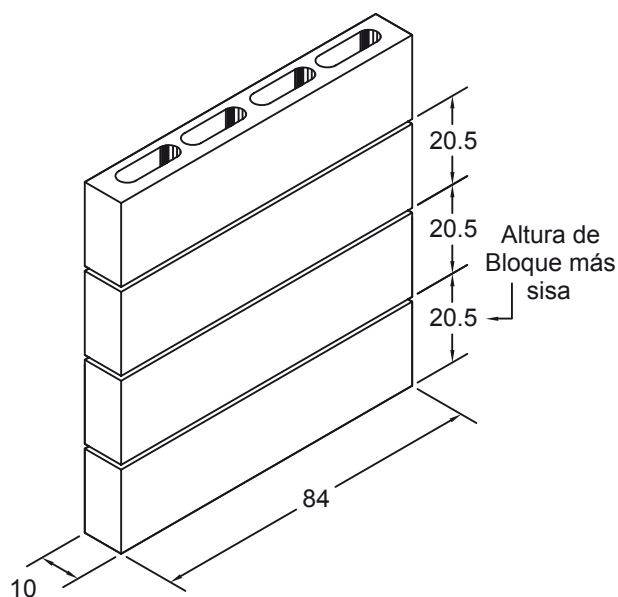
Figura 2.6. Unidades cortadas de bloque panel de una y dos celdas para ensayos de compresión y absorción.

La medición de ancho, altura, longitud y del espesor mínimo de caras y membranas se realizará a tres unidades de tamaño completo, según lo especificado en el numeral 5.2 de la ASTM C 140.

2.3.2. Ensayos en componentes.

a) Ensayo de compresión diagonal.

La resistencia a compresión diagonal de la mampostería se evaluará en prismas o ensamblajes fabricados con unidades completas (ver figura 2.7) a las que se le deben eliminar las pestañas trapezoidales de ensamblaje. Los prismas se ensayarán siguiendo lo establecido en el Anteproyecto de Norma Mexicana APNMX-C-416-2002-ONNCCE, “Industria de la Construcción – Determinación de la resistencia a compresión diagonal y de la rigidez a cortante de muretes de mampostería de barro y de concreto”.



Nota: todas las dimensiones se encuentran en centímetros

Figura 2.7. Prisma o ensamblaje para ensayo a compresión diagonal.

Debe tenerse especial cuidado en el refrentado de las superficies de los extremos en los que se aplica la carga, para garantizar una distribución uniforme del esfuerzo, ver figura 2.8. Para propósitos de diseño no es necesario determinar a través del ensayo de compresión diagonal el módulo de rigidez de la mampostería, por lo que deben obviarse los numerales 5.3, 7.3 y 8.3 del Anteproyecto de Norma Mexicana APNMX-C-416-2002-ONNCCE.

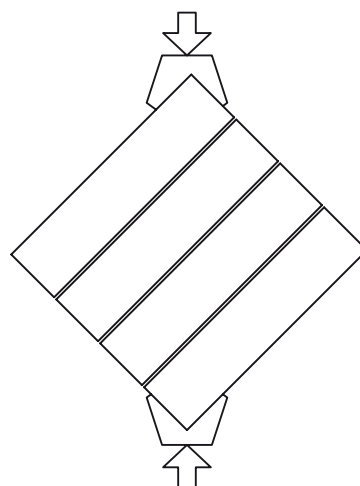


Figura 2.8. Prisma para ensayo a compresión diagonal.

CAPÍTULO 3:

DISEÑO ESTRUCTURAL – MÉTODO SIMPLIFICADO DE CÁLCULO

El objetivo de este capítulo es que el usuario de este manual técnico, conozca y comprenda aspectos fundamentales del comportamiento estructural del sistema y de un método sencillo que le permita soportar técnicamente memorias de cálculo de revisiones estructurales de viviendas, así mismo, un segundo objetivo de importancia que se pretende, es uniformizar los criterios de diseño a utilizar por parte de proyectistas, constructores y otros; sin embargo cualquier otro método de análisis puede ser aplicado para su revisión estructural.

3.1 Generalidades.

En el sistema constructivo bloque panel se tiene definido la resistencia mecánica, por medio de los materiales que lo forman y las conexiones entre sus elementos; sin embargo será necesario revisar estructuralmente aquellas propuestas arquitectónicas que sobrepasen los 50 m² de construcción; ya que se deberá de atender lo especificado en el numeral 3.8 criterios estructurales de aceptación; del sistema bloque panel. Para viviendas con distribución arquitectónica similar a la presentada en el Anexo B del presente manual y aquella debajo de 50 m² de construcción, se puede obviar la revisión estructural, debiendo revisar únicamente los requerimientos expresados en los numerales del 3.5 al 3.8.

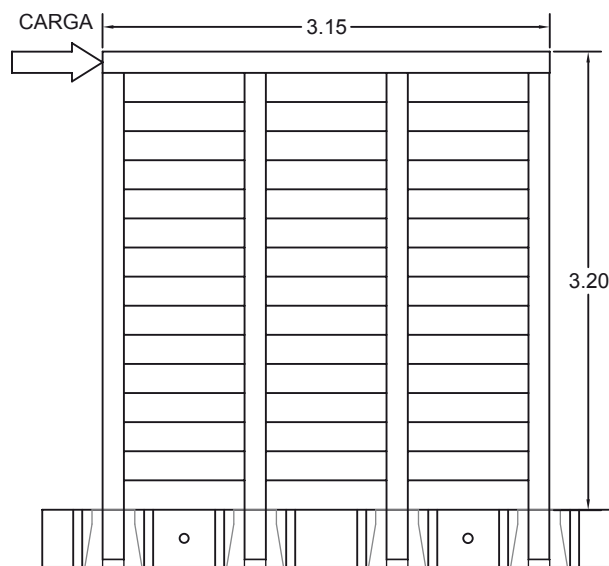
En las secciones siguientes se describe el método simplificado para el análisis y diseño estructural de viviendas de un nivel mayores de 50 m², utilizando dicho sistema.

3.2 Fundamentación teórica del método simplificado de cálculo.

El método simplificado que se presenta está fundamentado en base a la investigación experimental del sistema y de los resultados presentados en los informes: "SISTEMA CONSTRUCTIVO BLOQUE PANEL, INFORME DE RESULTADOS: EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO" y de "BLOQUE PANEL, INFORME DE RESULTADOS: MATERIALES Y ENSAMBLAJES". Dicha investigación fue realizada en el período 2005 – 2007 como parte del proyecto "Mejoramiento de la Tecnología para construcción y Difusión de la Vivienda Popular Sismo-Resistente" (TAISHIN FASE I). En general, el método de diseño con el Sistema Constructivo Bloque Panel se ha desarrollado específicamente para viviendas de un nivel y puede ser aplicado con el análisis y evaluación respectiva, a otros sistemas similares de prefabricados de concreto utilizados en la construcción de vivienda social.

3.3 Comportamiento estructural.

Previo a conocer el procedimiento de diseño y/o revisión estructural, es fundamental tener un conocimiento básico del comportamiento estructural del sistema constructivo bloque panel. En esta sección se explica brevemente el comportamiento estructural mencionado en función de dos escenarios distintos de aplicación de carga horizontal, el primero denominado carga lateral en el plano, y el segundo, carga fuera del plano, ambos mostrados en las siguientes figuras:



Nota: todas las dimensiones se encuentran en metros

Fig. 3.1 Pared bajo carga lateral en el plano.

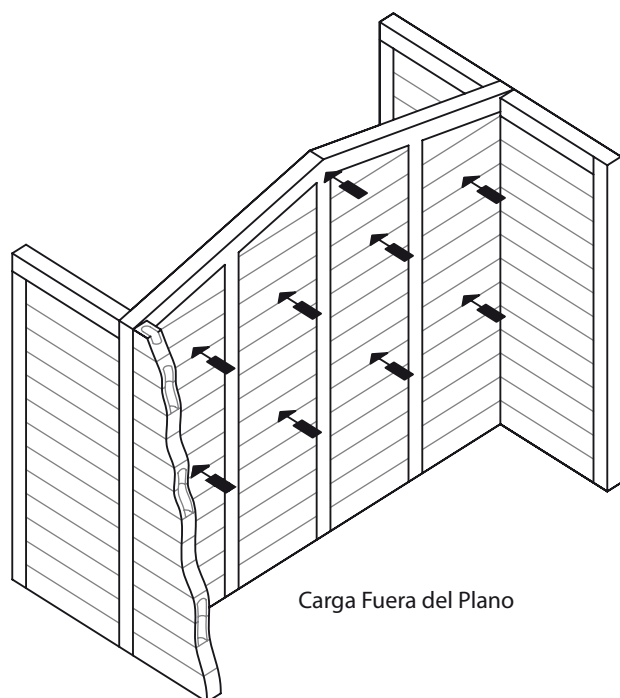
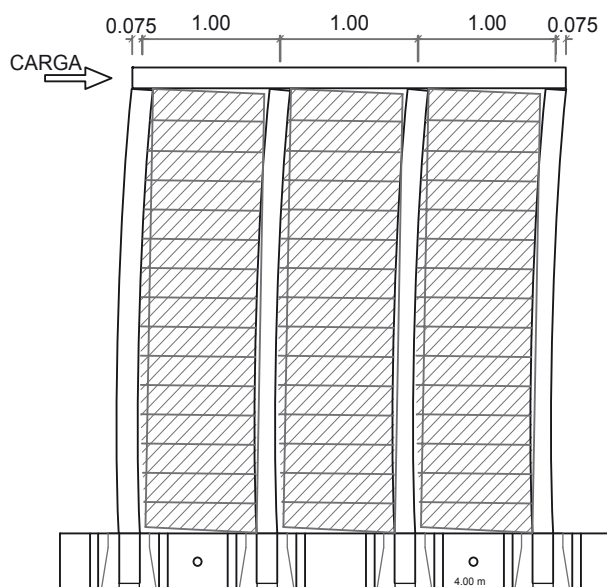


Fig. 3.2 Pared bajo carga fuera del plano.

3.3.1. Comportamiento estructural esperado bajo carga lateral en el plano.

En este caso, el comportamiento estructural en general y la capacidad del sistema bloque panel dependen fundamentalmente de la resistencia a la tensión de las columnas y de la resistencia

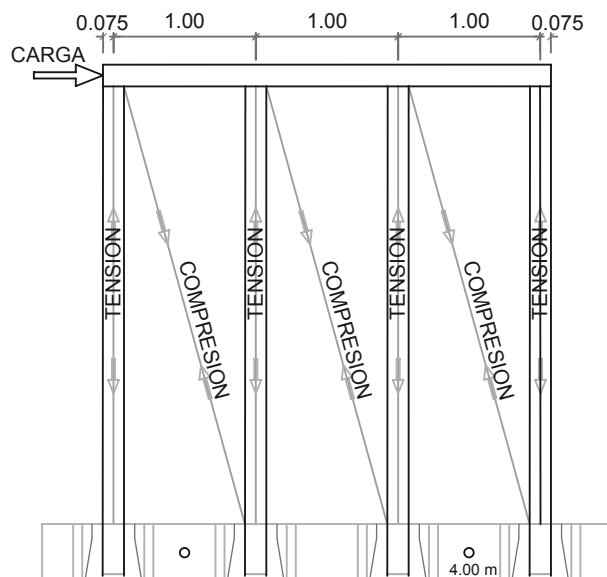
a compresión diagonal de la mampostería, independiente de la dirección de la carga lateral. Las siguientes figuras ilustran de forma general el comportamiento estructural esperado.



MECANISMO DE FALLA DE MODELOS SÓLIDOS

Nota: todas las dimensiones se encuentran en metros

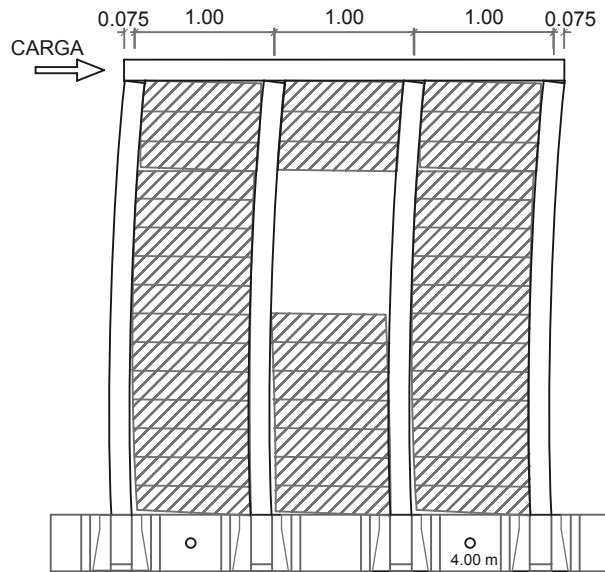
Fig. 3.3 Mecanismo de falla de los modelos sólidos.



MODELOS SÓLIDOS

Nota: todas las dimensiones se encuentran en metros

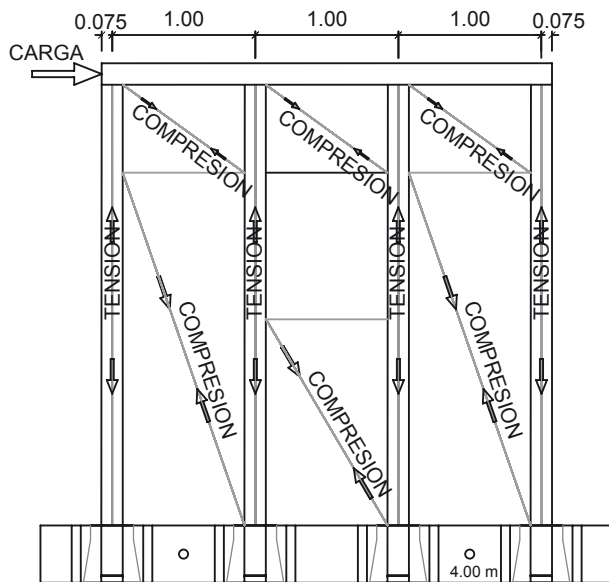
Fig. 3.4 Simplificación del sistema estructural de los modelos sólidos de ventana.



MECANISMO DE FALLA DE MODELOS
CON HUECOS PARA VENTANA

Nota: Todas las dimensiones se encuentran en metros

Fig. 3.5 Mecanismo de falla de los modelos con huecos de ventana.



MECANISMO DE FALLA DE MODELOS
CON HUECOS PARA VENTANA

Nota: todas las dimensiones se encuentran en metros

Fig. 3.6 Simplificación del sistema estructural de los modelos con huecos de ventana.

Como se puede apreciar en las figuras anteriores, independientemente a las dimensiones y resistencia de los elementos que componen el sistema, los resultados de resistencia podrían variar en función de la distancia entre columnas,

altura de pared, número y ubicación de huecos de puertas y ventanas, número de paneles y magnitud de la carga, pero siempre manteniendo su mecanismo de comportamiento, es decir, tensión en columnas y compresión en los paneles.

3.3.2. Comportamiento estructural esperado bajo carga fuera del plano.

El comportamiento que el sistema presenta bajo carga perpendicular al plano de la pared, es similar al comportamiento de una placa empotrada en la base, simplemente apoyada en los extremos, donde se une a una pared perpendicularmente y libre en su borde superior, sometida a una carga perpendicular distribuida en todo su plano (Timoshenko, S., 1959), tal como lo ilustra la figura 3.7. En este caso la resistencia de la pared es proporcionada por la resistencia a flexión tanto en la base de las columnas y la sección central de la solera de coronamiento, que es donde se generan los mayores valores de momento, además de una apropiada unión entre la pared sometida a la carga y las paredes de apoyo, por medio de la solera de coronamiento (Ver figura 3.8).

Para paredes con huecos de puertas o ventanas, siempre debe de considerarse el mismo sistema estructural, pero se debe restar el peso de estos huecos a la carga distribuida en el plano de la pared.

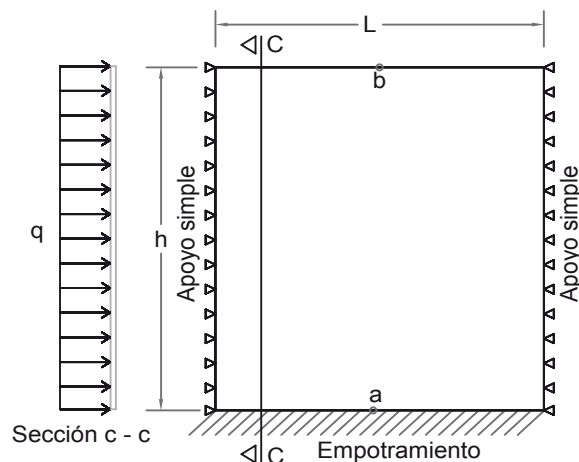


Fig. 3.7 Placa empotrada en la base y simplemente empotrada en los extremos, con carga perpendicular uniformemente distribuida.

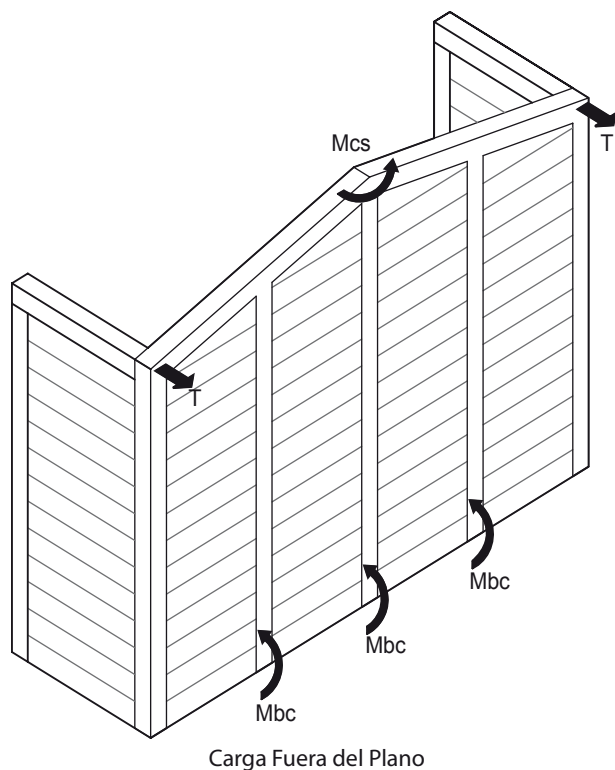


Fig. 3.8 Simplificación del sistema estructural de los modelos bajo cargas perpendiculares a su plano.

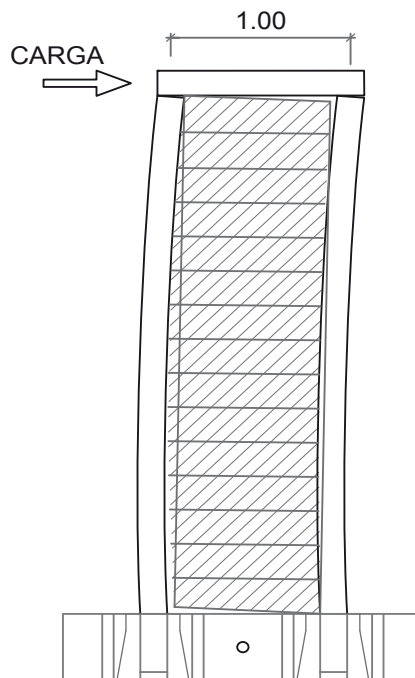
3.4 Procedimiento de diseño y/o revisión estructural.

En los siguientes apartados se pretende proporcionar al usuario de este manual un método sencillo para la revisión y/o diseño de los elementos estructurales del sistema. Para ello se divide en dos tipos de análisis a considerar, el primero a revisar será el comportamiento de las paredes bajo cargas laterales en su plano y como una segunda consideración se deben de revisar bajo cargas perpendiculares a su plano.

3.4.1. Procedimiento de cálculo considerando carga lateral en el plano.

Con la finalidad de proporcionar un análisis sencillo para diseño y/o revisión, se analizará un segmento de pared constituido de un solo panel, tal como lo muestra la figura 3.9. De esta sección

podemos determinar que la resistencia estará regida por la capacidad a tensión de la columna y de la resistencia a compresión diagonal del panel formado por la mampostería de los bloques, tal como lo ilustra la figura 3.10.



Nota: Todas las dimensiones se encuentran en metros

Fig. 3.9 Sección de pared a analizar para diseño.

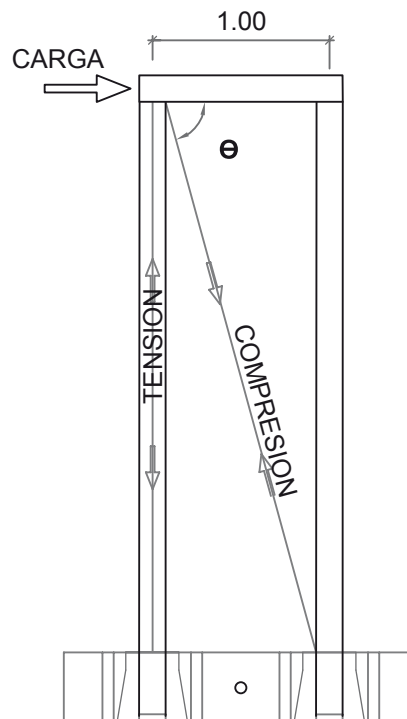


Fig. 3.10 Simplificación de la sección de pared.

Paso N°1. Análisis de cargas y demanda sísmica.

En este paso es necesario calcular el peso de la vivienda para encontrar la demanda que soportarán las paredes durante la ocurrencia de un sismo. Para calcular este peso es necesario determinar previamente las áreas de paredes y techo.

$$W_{vivienda} = W_{paredes} + W_{techo}.$$

$$W_{paredes} = \text{Peso por área de pared} * \text{Área total de paredes}$$

$$W_{techo} = \text{Peso por área de techo} * \text{Área total de techo}$$

Para encontrar el cortante de demanda sísmica, se debe multiplicar el peso de la vivienda por el coeficiente sísmico C_s , el cual se toma de la Norma Especial para Diseño y Construcción de Viviendas de El Salvador (1997), del Ministerio de Obras Públicas MOP, considerando el tipo de diafragma flexible, y que según la ubicación geográfica para la que se diseña en El Salvador, puede tomar los siguientes valores:

$$C_s = 0.30 \text{ para Zona I}$$

$$C_s = 0.20 \text{ para Zona II}$$

$$V_{demanda} = W_{vivienda} * C_s$$

Esta fuerza sísmica presentada en forma de una fuerza cortante será distribuida en el número de paneles paralelos resistentes en la dirección de análisis. De manera conservadora, se tomarán como paneles resistentes sólo aquellos sin huecos.

$$V_{demanda/panel} = V_{demanda} / \text{Número de paneles resistentes en dirección de análisis}$$

De este análisis se debe seleccionar la mayor demanda solicitada a cada panel, es decir, para la dirección con menor número de paneles resistentes.

Paso N°2. Revisión de demanda y resistencia debido a las columnas.

Tal como se explicó anteriormente, cuando las paredes están sujetas a carga lateral en el plano, las columnas se ven sometidas a fuerzas de tracción, así de esta manera la resistencia de las columnas será la capacidad a tensión que estas soporten, razón por la cual es el acero el material de mayor influencia. Para conocer la resistencia a tensión de la columna, T_{cn} , se necesita conocer el área transversal A_{sv} y la resistencia nominal a tensión, f'_y , del acero longitudinal utilizado en la fabricación de las columnas.

$$T_{cn} = A_{sv} * f'_y$$

Con esta tensión máxima que pueden soportar las columnas, cada panel de pared puede soportar un máximo cortante aplicado en su extremo superior de:

$$V_{RNT/panel} = (T_{cn} * S) / h$$

Donde S es la separación entre columnas y h es la altura de la pared desde el nivel superior de la solera de fundación hasta el centro de la solera de coronamiento.

$$\text{Si } F_R * V_{RNT/panel} \geq V_{demanda/panel} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Si $F_R * V_{RNT/panel} \leq V_{demanda/panel} \rightarrow$ Se debe de buscar alternativas para hacer cumplir la condición anterior.

Donde F_R es el factor de reducción de resistencia, que para muros con comportamiento tipo diafragma como el sistema bloque panel, se recomienda un valor de $F_R=0.70$, tal como lo especifica el apartado 3.1.4.3 de las "Normas Técnicas Complementarias Para el Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería" de México, 2004².

² Consultar Norma en la Unidad de Investigación y Normas de Urbanización y Construcción (UNICONS), del Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano (VMVDU).

Paso N°3. Revisión de demanda y resistencia debido a la compresión diagonal de la mampostería.

Con el valor promedio de la resistencia a compresión diagonal $\overline{v}_m$ de prismas ensayados en laboratorios y el coeficiente de variación C_v de estos ensayos se debe de calcular el esfuerzo cortante nominal de la mampostería v_m . El valor de C_v no debe de tomarse menor a 20%.

$$V_m = \overline{v}_m / (1 + 2.5 C_v)$$

De esta manera cada panel puede soportar un máximo cortante aplicado en su extremo superior de:

$$V_{RNM/panel} = 0.85 * V_m * A_T$$

Donde A_T es el área bruta de la sección transversal de la mampostería de unidades de bloque panel.

$$\text{Si } F_R * V_{RNM/panel} \geq V_{demanda/panel} \rightarrow \text{Cumple}$$

Si $F_R * V_{RNM/panel} \leq V_{demanda/panel} \rightarrow$ Se debe de buscar alternativas para hacer cumplir la condición anterior.

Donde F_R es el factor de resistencia, que para muros confinados sujetos a esfuerzos cortantes, se recomienda un valor de $F_R=0.70$, tal como lo especifica el apartado 3.1.4.3 de las "Normas Técnicas Complementarias Para el Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería" de México, 2004.

3.4.2. Procedimiento de cálculo considerando carga fuera del plano.

Paso N°1. Análisis de cargas y demanda sísmica.

En este apartado es importante mencionar que las columnas, debido a que soportan una baja carga a compresión, es más conveniente analizarlas como vigas que como columnas.

Para el análisis de las cargas se debe de considerar el peso por unidad de área de pared, ω_p , y además el peso por unidad de área de techo, ω_t , y el área tributaria del techo que aportará carga a la pared A_t , así la carga debido al techo será:

$$W_t = \omega_t * A_t$$

Esta carga del techo se deberá distribuir en el área de la pared en análisis, A_p .

$$\omega_{tp} = W_t / A_p$$

La carga total distribuida en la pared será:

$$\omega = \omega_p + \omega_{tp}$$

La carga distribuida, ω , debe ser afectada por el coeficiente sísmico C_s para obtener la demanda sobre la pared, la cual siempre será en forma de carga distribuida (q), tal como lo ilustra la figura 3.7.

$$q = C_s * \omega$$

Se debe de encontrar la demanda al centro de la base de la pared (Punto a, de la figura 3.7) y al centro de la solera de corona (Punto b de la figura 3.7). Para ello primero se debe de calcular la relación de peralte (h/L) de la pared, donde h : altura y L : Longitud.

Con la relación de peralte y con ayuda de la tabla 3.1 se determina el momento por metro lineal de demanda sobre la base de la pared M_{bp} ($M_{(a)}$ en la tabla 3.1) y además la demanda de momento al centro de la solera de coronamiento M_{cs} ($M_{(b)}$ en la

tabla 3.1. Se debe de interpolar linealmente para los casos con relación de peralte no presentados en la tabla.

El momento total en la base de la pared será igual a:

$$M_{bt} = M_{bp} * L$$

Cada columna tendrá una demanda en su base de:

$$M_{bc} = M_{bt} / \# \text{ de columnas sujetas a flexión.}$$

Tabla 3.1. Momentos por unidad de longitud en una placa empotrada en la base, simplemente apoyada en los extremos y libre en la parte superior con carga uniformemente distribuida como Fig. 3.7 (Timoshenko, 1959).

h/L	x=L/2, y=0	x=L/2, y=h
	$M_{(a)}$	$M_{(b)}$
0	$-0.500qh^2$	0
1/3	$-0.428qh^2$	$0.0078qL^2$
1/2	$-0.319qh^2$	$0.0293qL^2$
2/3	$-0.227qh^2$	$0.0558qL^2$
1	$-0.119qh^2$	$0.0972qL^2$
3/2	$-0.124qL^2$	$0.123qL^2$
2	$-0.125qL^2$	$0.131qL^2$
3	$-0.125qL^2$	$0.133qL^2$
α	$-0.125qa^2$	$0.133qa^2$

Paso N°2. Revisión de demanda y resistencia en columnas.

De acuerdo a la resistencia nominal de los materiales se debe de determinar la resistencia a flexión de las columnas, utilizando la teoría para el diseño de elementos de concreto armado.

Sean f'_c la resistencia nominal a compresión del concreto, mientras que f'_y es la resistencia de

fluencia del acero, ambos materiales utilizados en la fabricación de las columnas.

El momento resistente nominal de la columna será:

$$M_{RNC} = A_{st} * f'_y * (d - a/2)$$

$$\text{Donde } a = A_{st} * f'_y / 0.85 * f'_c * b$$

A_{st} , b , d se pueden determinar de la figura 3.11.

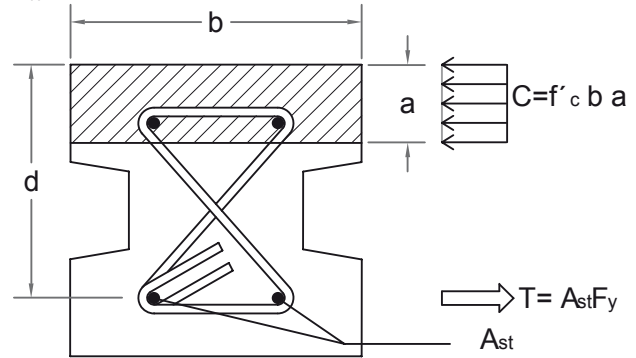


Fig. 3.11 Esfuerzos en columna sometida a flexión.

Se debe de comparar la demanda de momento en la base de las columnas con el momento resistente nominal, para determinar si existe un excedente de momento que no toman las columnas y que es transmitido a las paredes perpendiculares por medio de la unión en la solera de coronamiento, en forma de una fuerza de tracción, tal como lo ilustra la figura 3.8.

$$\text{Si } M_{RNC} \geq M_{bc} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Si $M_{RNC} \leq M_{bc} \rightarrow$ Existe un excedente de momento igual a

$$M_{exc} = (M_{bc} - M_{RNC}) * \# \text{ de columnas a flexión}$$

Paso N°3. Revisión de demanda y resistencia en solera de coronamiento

De igual manera que el paso anterior, se utiliza el método de diseño de elementos de concreto reforzado.

Sean f'_c la resistencia nominal a compresión del concreto, mientras que f'_y es la resistencia de fluencia del acero, pero en este caso de los materiales especificados para la construcción de la solera de coronamiento.

Se debe de calcular el momento resistente de la solera de coronamiento de igual forma que en el paso anterior, es decir

$$M_{RNS} = A_{st} * f'_y * (d - a/2)$$

$$\text{Donde } a = A_{st} * f'_y / 0.85 * f'_c * b$$

A_s , b , d se pueden determinar de la figura 3.12.

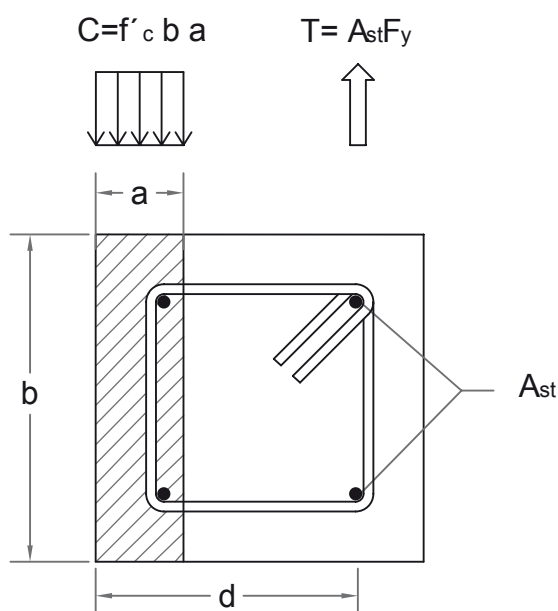


Fig. 3.12 Esfuerzos en solera sometida a flexión.

$$\text{Si } M_{RNS} \geq M_{cs} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Si $M_{RNS} < M_{cs} \rightarrow$ se debe de proponer una sección de solera de coronamiento más resistente y revisarla nuevamente.

Si existe excedente de momento que no es tomado por las columnas (del paso 2) se debe de revisar la tensión a transmitir a las paredes de apoyo por medio de la solera de coronamiento.

La tensión generada es equivalente a:

$$T = \frac{1}{2} (M_{exc} / h)$$

La capacidad a tensión de las soleras será equivalente a: $T_R = A_{st} * f_t$

Donde $f_t = 0.5 f'_y$ en este caso A_{st} es el área de todo el acero longitudinal, ya que todo estará sujeto a tensión (Ver Figura 3.8).

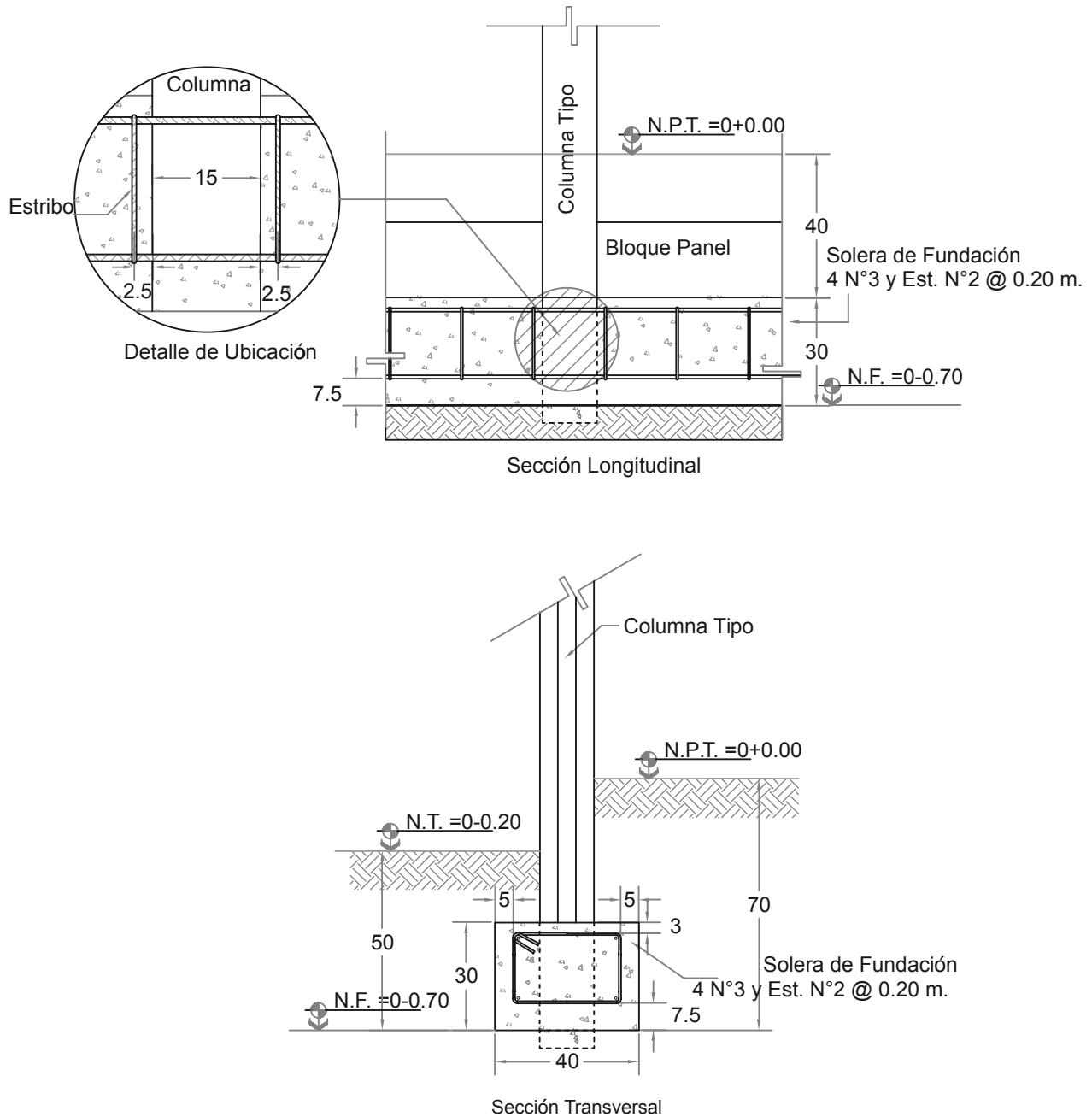
$$\text{Si } T_R \geq T \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Si $T_R < T \rightarrow$ se debe de incrementar la cuantía de acero de la solera de coronamiento.

3.5 Detalles estructurales de elementos de concreto colados en el sitio.

Hasta esta sección, se ha explicado un procedimiento básico para realizar el análisis de carga y demanda sísmica del sistema, así como la revisión de la demanda y resistencia de los elementos prefabricados de concreto consistentes en columnas y unidades bloque panel. Sin embargo, el sistema tiene elementos estructurales de concreto colado en el sitio con un diseño estructural específico y recomendado para viviendas de un nivel, dichos elementos son:

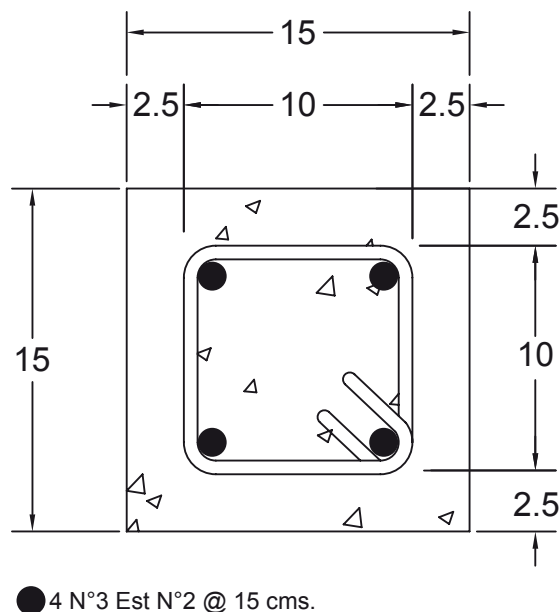
- **Fundación:** El tipo de fundación del sistema bloque panel es una solera corrida de concreto armado, con un nivel de desplante mínimo de 50 cm. La sección típica de la solera de fundación es de 40 cm de base x 30 cm de peralte, con refuerzo longitudinal de 4 varillas No. 3, con un diámetro de 9.52 mm, grado 40 y refuerzo transversal N°2, con un diámetro de 6.36 mm, espaciados a cada 20 cm, tal como se muestra en la figura 3.13.



Nota: Para todas las dimensiones dadas las unidades se encuentran en centímetros

Fig. 3.13 Elemento de fundación incluyendo nivel de Desplante y nivel de piso terminado.

- **Solera de Coronamiento:** Es de concreto armado, colada en el sitio, con una sección y refuerzo de acuerdo al determinado en la sección 3.4.2. La sección mínima será de 15 x 15 cm, y el refuerzo mínimo será de 4 varillas No. 3, grado 40, como longitudinal y estribos No. 2 espaciado a cada 15 cm como refuerzo transversal.

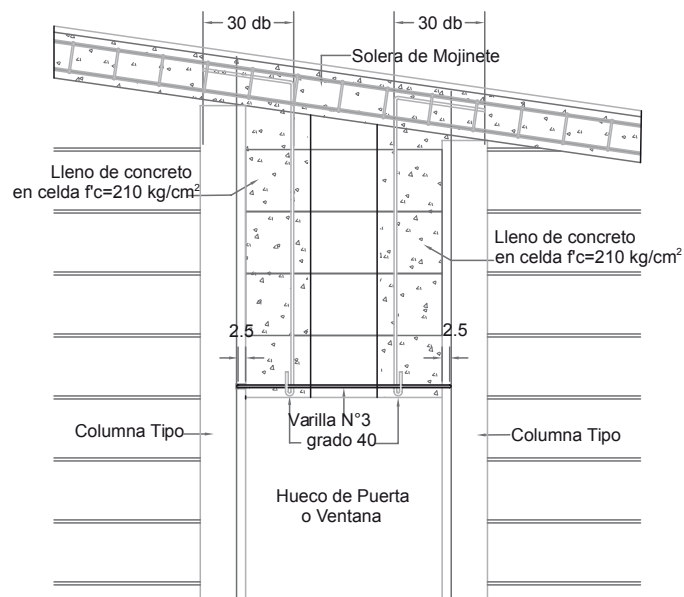


Nota: Todas las dimensiones se encuentran en centímetros

Fig.3.14 Sección y refuerzo mínimo de solera de coronamiento.

- **Cargadero de puertas y ventanas:** El cargadero de puertas y ventanas preferiblemente debe coincidir con la solera de coronamiento. Caso contrario, se deberá reforzar el cargadero por medio de 2 varillas No.3 ancladas desde la solera de coronamiento y bajar por las celdas de dichos bloques (ver Fig. 3.15). Estas celdas deben quedar llenas con grout con una resistencia a la compresión a los 28 días de 125 Kgf/cm².

Se debe colocar además una varilla horizontal No.3 en una ranura hecha en la base inferior del bloque panel, la cual será anclada en ambos extremos a las columnas, a una distancia desde el borde de 2.5 cm. A esta varilla horizontal deberá anclarse el refuerzo vertical que baja desde la solera de coronamiento.



Nota: Todas las dimensiones se encuentran en centímetros

Fig. 3.15 Detalle de cargadero de puertas y ventanas en mojinete.

Finalmente, TODOS los elementos de concreto estructural deberán cumplir los siguientes requisitos:

Concreto: Resistencia a compresión mínima, a los 28 días, 21 Mpa (210 kgf/cm²).

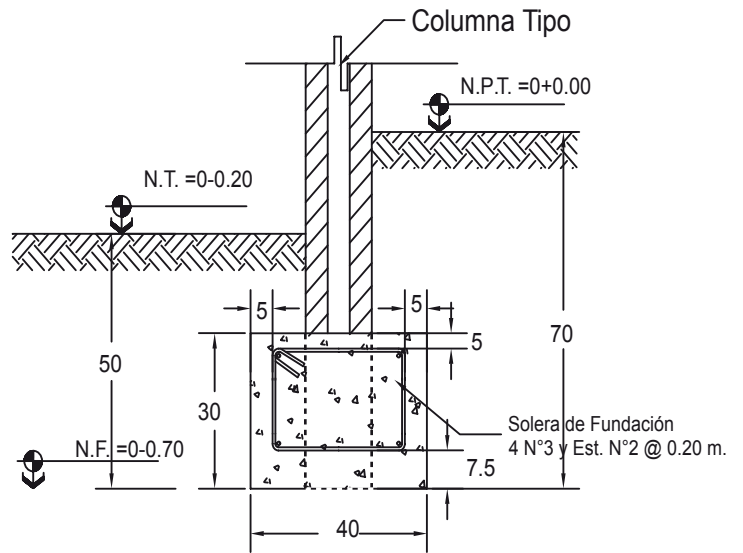
Acero de refuerzo: El acero longitudinal debe cumplir con lo estipulado para acero grado 40 en la norma ASTM A 615. El acero transversal debe tener una resistencia de fluencia igual a 2800 kgf/cm² y una resistencia última de 4900 kgf/cm².

El peso por unidad de longitud nominal para el acero transversal N°2 deberá ser de 0.2486 kg/m y su variación permisible será $\pm 6\%$.

3.6 Conexiones.

En el sistema bloque panel, se distinguen tres tipos de conexiones de gran importancia:

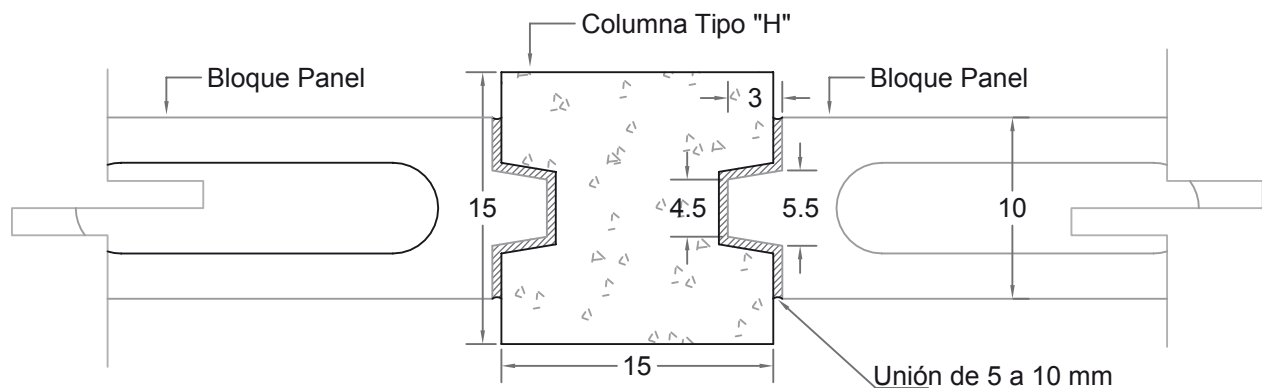
- columnas – elemento de fundación.
 - columna – unidades bloque panel.
 - columna – solera de coronamiento.
- a) **Columnas – Elementos de Fundación:**
Es una conexión de tipo húmeda la cual consiste en dejar embebidas las columnas prefabricadas en el concreto armado de la fundación colada en el sitio. El tipo de elemento de fundación es una solera corrida con características y dimensiones descritas en la sección anterior. Las características del elemento de fundación, dimensiones, nivel de desplante y tipo de conexión están recomendados para viviendas de un nivel, considerando distancias entre columnas menores o iguales a 1.08 m.



Nota: todas las dimensiones se encuentran en centímetros

Fig. 3.16 Detalle de cargadero de puertas y ventanas.

- b) **Columna – Unidades bloque panel:**
Consiste en una conexión húmeda de tipo machihembrada capaz de transmitir satisfactoriamente el cortante horizontal en la estructura. Es importante mencionar que el desempeño estructural adecuado en dichas conexiones depende de respetar la forma y dimensiones del machimbre y resistencia del mortero de pega con una resistencia especificada de 75 Kg/cm².



Nota: todas las dimensiones se encuentran en centímetros

Fig. 3.17 Detalle de conexión columna - Bloque Panel.